

**ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU  
RIESGO EN LOS TRABAJADORES DE UN SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO**

**MARTHA ALICIA MENDOZA HERNÁNDEZ**

**ALFONSO JUNIOR LÓPEZ CASTILLO**



**Universidad de la Costa CUC**

**Departamento civil y ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Colombia**

**2017**

**ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU  
RIESGO EN LOS TRABAJADORES DE UN SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO**

**Para obtener el título de Ingeniero Ambiental**

**Grupo de investigación gestión sostenibilidad ambiental GESSA**

**Línea de investigación:**

Control de la Contaminación

**TESISTAS:**

Martha Alicia Mendoza Hernández.

Alfonso Junior López Castillo.

**Director de trabajo de grado**

MSc. Wendy Beatriz Morgado  
Gamero

**Codirector de trabajo de grado**

MSc. Luz Adriana Borrero López

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**Departamento civil y ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Colombia**

**2017**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Dedicatoria.**

*A Dios, Porque para el nada es imposible (Mateo 9:23), doy gracias por toda la perseverancia, paciencia que me dio para culminar esta investigación, por iluminarme y llenarme de sabiduría, para esta etapa de mi vida.*

*A Mis Padres, A Martha Hernández Guerreo y Rafael Mendoza Arrieta, las personas que más quiero en esta vida, mis guías, mis modelos a seguir, por apoyarme durante este proyecto, por madrugar conmigo y traspasar, por darme alientos cuando lo necesitaba y por estar incondicionalmente a mi lado.*

*A Mi Hermana, Laura Mendoza Hernández, la que para mí nunca dejara de ser la luz de mis ojos, la que siempre está conmigo, apoyándose en todas las aventuras, mi consejera y mi amiga fiel, durante todo este proceso.*

*A Mi Compañero y Amigo, Alfonso López Castillo, por la paciencia y tolerancia que tuvo durante este largo proceso, y por sus consejos en los momentos de estrés.*

*A Mi Tutora y amiga Wendy Morgado Gamero, por su acompañamiento, asesoría, consejos, el compartir de sus saberes en este proceso de mi formación.*

**Martha Alicia Mendoza Hernández**

**Dedicatoria.**

*A mi guardián, el que me ha permitido llegar a este momento tan especial en mi vida, cuando he estado a punto de caer siempre ha estado ahí cuidándome y levantando mi cabeza Jehová. “Aunque pase por el valle de sombra de muerte, no temeré mal alguno, porque tú estás conmigo; tú vara y tu cayado me infunden aliento” Salmo 23:4*

*A mis madres y padre, Nelsy Castillo Mariño, Laid Mariño Quintero Y Alfonso López Oviedo, por ser mis personas favoritas que me han acompañado durante mi vida y el transcurso de mi carrera universitaria, brindándome su apoyo y consejos para convertirme en un Profesional.*

*De igual forma, a mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

*A mi amiga, Martha Alicia Mendoza Hernández, por ser quien me ha apoyado en todas mis ocurrencias a lo largo del tiempo de nuestra amistad y sobre todo por su amabilidad en los momentos malos y buenos.*

*A mi dulce amor, Maryanna Estrada, por su amor, ayuda y motivación a lograr mis propósitos hasta donde sus alcances le permitían; no fue sencillo culminar este proyecto, sin embargo, siempre fuiste muy esperanzadora diciéndome que lo lograría, muchas gracias amor.*

**Alfonso López Castillo**

### **Agradecimientos**

Para nosotros es el logro poder culminar este proyecto de investigación, gracias a la ayuda de nuestras familias, apoyo de docentes, personal de laboratorio y la universidad hemos podido finalizar.

A la Universidad de la Costa por brindarnos todas las instalaciones, equipos y material educativo para el desarrollo de este proyecto.

A MSc. Wendy Beatriz Morgado Gamero y MSc. Luz Adriana Borrero López, directora y cotutora de nuestro proyecto, por sus consejos, asesorías, dedicación y respaldo durante el desarrollo de la presente investigación.

A el Centro de Investigaciones Ambientales (CITA), por la prestación de sus laboratorio y equipos que se requirió para la ejecución de este mismo.

A Rafael Oyaga Martínez, Líder del Grupo de Investigación, por su apoyo incondicional, en este proceso.

A Erika Arbeláez y Ana Belén Villalobos, los laboratoritos, que incondicionalmente tuvieron una gran disposición y apoyo para toda la ejecución de este proyecto.

A nuestros compañeros Elías González, Melisa Campo, Claudia Carvajal, Yasser Barraza, Carlos Guerra, Andrés Reales, por su compañía incondicional y colaboración durante los monitoreos, sin ustedes no hubiese sido posible.

Al grupo de investigación ARA (Administración de Recursos Ambientales), los cual nos motivó a investigar sobre el tema y a la empresa que nos permitió el acceso a las instalaciones para ejecutar este proyecto. A nuestros amigos y amigas Jessica Guzmán, Madeleine Hernández, Carmen Vega, Cindy Roldan y demás amigas que con su compañerismo y apoyo moral aportaron ánimos para finalizar este proyecto.

## Contenido

<b>1. Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>2. Planteamiento del problema.</b>	<b>4</b>
<b>3. Justificación.</b>	<b>6</b>
<b>4. Objetivos.</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Objetivo General.</b>	<b>9</b>
<b>4.2. Objetivos Específicos.</b>	<b>9</b>
<b>5. Marco referencial</b>	<b>10</b>
<b>5.1. Marco teórico</b>	<b>10</b>
<b>5.1.2. Bioaerosoles.</b>	<b>11</b>
<b>5.1.2 Condiciones ambientales para la presencia de los Bioaerosoles</b>	<b>13</b>
<b>5.1.3. Bioaerosoles Fungi.</b>	<b>15</b>
<b>5.1.4. Riesgo Biológico.</b>	<b>16</b>
<b>5.1.5. Evaluación del Riesgo Biológico</b>	<b>19</b>
<b>5.2. Antecedentes</b>	<b>26</b>
<b>6. Metodología.</b>	<b>29</b>
<b>6.1. Área de estudio</b>	<b>29</b>
<b>6.2. Muestreo en el área de estudio</b>	<b>30</b>
<b>6.2.1 Estaciones de Monitoreo.</b>	<b>30</b>
<b>6.3. Materiales y Equipo</b>	<b>33</b>

<b>6.3.1.1 Equipos.</b> .....	33
<b>6.3.1.2 Materiales y Preparación para la toma de muestra.</b> .....	34
<b>6.4. Análisis de muestras</b> .....	36
<b>6.4.1. Cuantificación e identificación de las muestras.</b> .....	36
<b>6.4.2. Determinación de la Concentración de las Muestras.</b> .....	36
<b>6.5. Análisis de los resultados de las muestras de los Bioaerosoles Fungí.</b> .....	37
<b>6.5.1. Análisis e Interpretación de los datos</b> .....	37
<b>6.5.2. Distribución Espacio-Temporal de Bioaerosoles Fungís.</b> .....	37
<b>6.6. Estimación a la exposición y riesgo laboral a los agentes Biológicos</b> .....	37
<b>6.7. Metodología Biogaval.</b> .....	38
<b>6.7.1. Determinación del puesto a evaluar.</b> .....	38
<b>6.7.1.1 Identificación del agente Biológico.</b> .....	39
<b>6.7.1.2 Cuantificación de las variables de riesgo</b> .....	40
<b>6.7.1.3 Clasificación del Daño</b> .....	40
<b>6.7.1.4 Vía de Transmisión</b> .....	41
<b>6.7.1.5 Tasa de Incidencia del año anterior.</b> .....	42
<b>6.7.1.6 Vacunación.</b> .....	43
<b>6.7.1.7 Frecuencia de Realización de Tareas de Riesgo.</b> .....	43
<b>6.7.1.8 Medidas Higiénicas Adoptadas.</b> .....	44
<b>6.7.1.9 Calculo del Nivel de Riesgo (R).</b> .....	45



## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

6.7.1.10 Interpretación de los niveles de riesgo biológico. ....	46
6.8. Metodología NTP (Norma Técnica de Prevención) 833. ....	47
6.8.1 Bioaerosol a evaluar.....	48
6.8.2 Determinación del nivel de riesgo potencial. ....	48
7. Resultados y discusiones.....	51
7.1. Distribución espacio temporal de los Bioaerosoles del reino Fungi en el sistema de disposición final de residuos sólidos. ....	51
7.1.1 Concentración de Bioaerosoles Fungí .....	51
7.2. Identificación de los Bioaerosoles Fungí. ....	54
7.3. Distribución espacio-temporal de la concentración de los Bioaerosoles Fungí. ....	58
7.4. Evaluación de la exposición laboral y su grado de riesgo asociado al comportamiento de los bioaerosoles del reino fungi dentro del sistema de disposición final de residuos sólidos.....	62
7.4.1. Método BIOAGAVAL.....	62
7.4.1.1 Determinación de los puestos a evaluar. ....	62
7.4.1.2 Identificación del agente biológico implicado.....	64
7.4.1.3 Cuantificación de las variables determinantes del riesgo.....	66
7.4.1.4 Vía de transmisión.....	67
7.4.1.5 Tasa de incidencia del año anterior.....	67
7.4.1.6 Vacunación.....	68
7.4.1.7 Frecuencia de realización de las tareas de riesgos. ....	69
7.4.1.8 Medidas Higiénicas. ....	70

<b>7.4.1.10 Interpretación de los niveles de riesgo.</b>	<b>71</b>
<b>7.4.1.11 Mapa de la Exposición y Grado de Riesgo a los Bioaerosoles.</b>	<b>73</b>
<b>7.4.2 Metodología NTP 833.</b>	<b>74</b>
<b>7.4.2.2 Nivel de exposición.</b>	<b>75</b>
<b>7.4.2.3 Clasificación del nivel de riesgo potencial.</b>	<b>76</b>
<b>7.4.2.4 Medidas preventivas asociadas a los niveles de riesgo potencial</b>	<b>77</b>
<b>8 Conclusiones y recomendaciones.</b>	<b>81</b>
<b>8.1. Conclusiones.</b>	<b>81</b>
<b>8.2. Recomendaciones.</b>	<b>83</b>
<b>9. Referencias.</b>	<b>85</b>
<b>10. Bibliografía</b>	<b>96</b>

## Lista de Figuras y Tablas

### Figuras

<b>Figura 5.1.</b> Diametro de Particulas Respirables por el Ser Humano.....	<b>12</b>
<b>Figura 5.2.</b> Forma Teorica de Liberaciòn y Dispersion de Particulas.....	<b>13</b>
<b>Figura 5.3.</b> Cadena de Transmisiòn .....	<b>21</b>
<b>Figura 6.1.</b> Imagen satelital del lugar de Disposciòn Final de residuos Sòlidos, Tubara-Atlantico .....	<b>29</b>
<b>Figura 6.2.</b> Ubicación de estaciones en la Disposicion Final de residuos Solidos .....	<b>31</b>
<b>Figura 6.3.</b> Impactador de Cacada de seis etapas- Andersen. ....	<b>34</b>
<b>Figura 6.4.</b> Preparacion de Materiales para el monitoreo .....	<b>35</b>
<b>Figura 6.5.</b> Cuantificaciòn de las muestras recolectadas .....	<b>36</b>
<b>Figura 7.1.</b> Concentraciòn de los bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposiciòn final de Residuos Sòlidos durante la época seca... ..	<b>52</b>
<b>Figura 7.2.</b> Concentraciòn de los bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposiciòn final de Residuos Sòlidos durante la época lluviosa.....	<b>52</b>
<b>Figura 7.3.</b> Distribuciòn porcentual de la concentraciòn de bioaerosoles fungi por etapas del impactador.....	<b>54</b>
<b>Figura 7.4.</b> Especie <i>Aspergillus Nidulans</i> , foto macroscópica.....	<b>55</b>
<b>Figura 7.5.</b> Especie <i>Aspergillus Nidulans</i> , foto microscópica. ....	<b>55</b>
<b>Figura 7.6.</b> Genero <i>Fusarium</i> , foto macroscópica.. ..	<b>55</b>
<b>Figura 7.7.</b> Especie <i>Fusarium</i> , foto microscópica. ....	<b>55</b>

<b>Figura 7.8.</b> Genero <i>Penicillium</i> foto macroscópica.....	<b>56</b>
<b>Figura 7.9.</b> Especie <i>Penicillium</i> , foto microscópica.....	<b>56</b>
<b>Figura 7.10.</b> Genero <i>Aspergillus Fumigatus</i> foto macroscópica.....	<b>56</b>
<b>Figura 7.11.</b> Especie <i>Aspergillus Fumigatus</i> , foto microscópica.....	<b>56</b>
<b>Figura 7.12.</b> Genero <i>Aspergillus Verisicolor</i> foto macroscópica.....	<b>56</b>
<b>Figura 7.13.</b> Especie <i>Aspergillus Verisicolor</i> , foto microscópica..	<b>56</b>
<b>Figura 7.14.</b> Géneros de Bioaerosoles Fungi, presentados en el Sistema de Disposición Final de residuos Sólidos durante la época seca.....	<b>57</b>
<b>Figura 7.15.</b> Géneros de Bioaerosoles Fungi, presentados en el Sistema de Disposición Final de residuos Sólidos durante la época lluviosa.....	<b>57</b>
<b>Figura 7.16.</b> Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época seca jornada de la mañana.....	<b>58</b>
<b>Figura 7.17.</b> Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época seca jornada de la Tarde. ....	<b>58</b>
<b>Figura 7.18.</b> Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época lluviosa jornada de la mañana. ....	<b>59</b>
<b>Figura 7.19.</b> Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época lluviosa jornada de la tarde.. ....	<b>59</b>

**Figura 7.20.** Mapa de exposición y grado de riesgo asociados a los bioaerosoles en las áreas del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos.....73

## Tablas

<b>Tabla 5.1.</b> Descripción de las Vías de Transmisión .....	<b>22-23</b>
<b>Tabla 6.1.</b> Coordenadas de la estación Celda Activa, en el Periodo de un año .....	<b>32</b>
<b>Tabla 6.2.</b> Puntuación según la clasificación del daño.....	<b>40</b>
<b>Tabla 6.3.</b> Puntuación según las vías de trasmisión.....	<b>42</b>
<b>Tabla 6.4.</b> Puntuación según la Tasa de Incidencia/ habitante.....	<b>42</b>
<b>Tabla 6.5.</b> Puntuación según el porcentaje de vacunación. ....	<b>43</b>
<b>Tabla 6.6.</b> Puntuación para la frecuencia de exposición. ....	<b>44</b>
<b>Tabla 6.7.</b> Puntuación para resultado de las medidas higiénicas adoptadas .....	<b>45</b>
<b>Tabla 6.8.</b> Valores estimados según los niveles de riesgo .....	<b>47</b>
<b>Tabla 6.9.</b> Niveles de Exposición.....	<b>49</b>
<b>Tabla 6.10.</b> Cruce de variables exposición- consecuencia .....	<b>50</b>
<b>Tabla 7.1.</b> Puestos de trabajo a evaluar .....	<b>63-64</b>
<b>Tabla 7.2.</b> Criterios adoptados para la selección de microorganismos centinela bajo la metodología.....	<b>65</b>
<b>Tabla 7.3.</b> Clasificación del daño según la metodología Biogaval .....	<b>66</b>
<b>Tabla 7.4.</b> Clasificación vía de transmisión según la metodología Biogaval .....	<b>67</b>
<b>Tabla 7.5.</b> Clasificación tasa de incidencia en la población según la metodología Biogaval .....	<b>68</b>
<b>Tabla 7.6.</b> Vacunación en la población .....	<b>69</b>

<b>Tabla 7.7.</b> Frecuencia de la realización de las tareas de riesgo según la metodología Biogaval .....	<b>69-70</b>
<b>Tabla 7.8.</b> Puntuación para resultados de las medidas higiénicas adoptada, según la metodología Biogaval.....	<b>70</b>
<b>Tabla 7.9.</b> Cálculo del nivel de riesgo biológico, realizado en el sistema de disposición final de residuos.....	<b>71</b>
<b>Tabla 7.10.</b> Resultados de la Clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo	<b>74</b>
<b>Tabla 7.11.</b> Niveles de Exposición.....	<b>76</b>
<b>Tabla 7.12.</b> Resultados de la Clasificación nivel del riesgo potencial.....	<b>77</b>
<b>Tabla 7.13.</b> Matriz de Medidas de Prevención.....	<b>78-79</b>

## GLOSARIO

**Agente Biológico:** Son seres vivos, con un determinado ciclo de vida que, al penetrar en el ser humano, ocasionan enfermedades de tipo infeccioso o parasitario.

**Bioaerosoles:** Partículas de tamaño microscópico suspendidas en el aire y de origen biológico, que pueden afectar a los seres humanos causándoles algún tipo de alergia, toxicidad o infección.

**Celda Activa:** Etapa del relleno sanitario donde se están depositando actualmente los residuos que ingresan al relleno sanitario (disposición diaria de los residuos sólidos).

**Celda Pasiva:** Etapa del relleno sanitario, donde ya se ha clausurado temporal o definitivamente una celda destinada a la deposición de los residuos, y se monitorea el proceso de descomposición en la etapa de estabilización.

**Colonias:** Agrupación de bacterias/hongos formada a partir de la reproducción de una Unidad Formadora de Colonia (UFC) sobre un medio sólido, y su tamaño dependerá para ser visto a simple vista.

**Contaminantes:** Son aquellos elementos, sustancias ya sean en medio sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas.

**Disposición Final de Residuos:** Lugar destinado a la disposición final de desechos o residuos sólidos.

**Emisión:** Descarga de una sustancia o elemento, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**Exposición Laboral:** Se dice que un trabajador está expuesto, si éste está en contacto por diferentes vías de transmisión que de una u otra forma penetran en el ser humano, donde se considera la intensidad de ese contacto y su duración.

**Fuente de emisión:** Son aquellas actividades donde sus procesos u operaciones, emiten contaminantes al aire ya sea por maquinaria o por las actividades realizada por los seres humanos.

**Impactador de cascada:** Equipo empleado para la medición de la concentración y distribución de tamaños de partículas en el aire, el cual simula el aparato respiratorio recolectando las partículas más respirables por el ser humano.

**INSHT:** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

**IRA (Infecciones Respiratorias Agudas):** Son aquellas infecciones del aparato respiratorio causadas por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un período inferior a 15 días, con la presencia de uno o más síntomas.

**Medidas Preventivas:** Acciones que se toman para prevenir posibles problemas y evitar su probable aparición.

**Microorganismos:** organismo que a simple vista no es visible y se requiere de un microscópico para su observación. Están conformadas por una célula o grupo de células.

**Monitoreo:** Proceso que consiste en una serie de actividades que apuntan a medir el cambio en los recursos de manera consistente.



**Nivel de Riesgo:** Valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

**NTP:** Nota Técnica de Prevención.

**Peligro:** es la inminencia de sufrir un accidente o una enfermedad. Se diferencia del riesgo de manera conceptual, por lo que no deben confundirse los dos términos.

**Piscinas de lixiviados:** Etapa del relleno sanitario donde están destinadas para el almacenamiento y/o tratamiento del lixiviado generado por los residuos sólidos.

**Reservorio:** Organismo que aloja virus, bacterias u otros microorganismos que pueden causar una enfermedad contagiosa y que puede propagarse hasta producir una epidemia.

**Residuos sólidos:** Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o de pósitos, el cual se abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien.

**Riesgo biológico:** Es la posible exposición a microorganismos que puedan dar lugar a enfermedades, motivada por la actividad laboral. Su transmisión puede ser por vía respiratoria, digestiva, sanguínea, piel o mucosas.

**Riesgo Laboral:** Son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Así, entre los riesgos laborales están las enfermedades profesionales y los accidentes laborales.

**TLV:** Valor umbral límite consiste en la concentración máxima permitida para exposición de trabajadores. Generalmente se da en partes por millón (ppm) o en mg/m<sup>3</sup>. Según la ACGIH

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

(organismo norteamericano de Higiene Industrial), existen los siguientes TLVs: TWA, STEL y CEILING. Estos son los adoptados por la legislación colombiana.

**UFC (Unidades formadoras de Colonias):** significa que puede ser que un solo microorganismo o un grupo de los mismos especificado por género o especie. Aplica para microorganismos hongos y bacterias.

## Resumen

En un Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos, es posible que el trabajador se encuentre expuesto a agentes biológicos, y por ende este puede causar afecciones a su salud. Actualmente no existen estudios que evalúen la exposición laboral y su grado de riesgo biológico en las actividades donde se manejen de forma no delibera agentes biológicos por lo que no existen valores umbrales limites - TLV que permitan establecer medidas de prevención, en comparación con otros tipos riesgos que si tienen criterios de valoración. Sin embargo, existen metodologías que se han venido desarrollando para su estudio, como el método Biogaval y la Norma Técnica de Prevención para Agentes biológicos. Evaluación simplificada.

En la presente investigación, se realizó la estimación a la exposición laboral existente a los bioaerosoles y su grado de riesgo en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos en el municipio de Tubará- Atlántico, por lo que se realizaron campañas de monitoreos durante un periodo de tiempo de un (1) año, en dos(2) jornadas matutina y vespertina. Se ubicaron cuatro estaciones de monitoreo dentro del área de estudio (Celda Pasiva 1, Celda Pasiva 2, Piscina de Lixiviados y Celda Activa). Los bioaerosoles fueron colectados mediante el equipo impactador de cascada tipo Andersen Thermo Scientific de seis(6) etapas, con un caudal de operación a 28,3 l/min durante 5 minutos, ubicado a una altura de 1,5 m. Se utilizó el medio selectivo de Agar Saboreaud con dextrosa al (2%) para la identificación de bioaerosoles fungi. La concentración máxima de bioaerosoles fungi se presentó en la estación Celda Activa, donde se identificaron con mayor concentración el género *Aspergillus Sp* en temporada seca – lluviosa; Del mismo modo, el *Aspergillus Fumigatus* mostró la mayor

concentración con 5491,166 UFC/m<sup>3</sup>, y en menor concentración el *Penicillium* con 1823,321 UFC/m<sup>3</sup>.

De acuerdo a los resultados obtenidos, existe una probabilidad de que las emisiones de bioaerosoles fungi generados de forma no deliberada en las operaciones del sistema de disposición final de residuos sólidos, coloque en riesgo la salud de los trabajadores al ser estos vulnerables en obtener una enfermedad laboral. Sin embargo, se requiere realizar más estudios en la evaluación del riesgo laboral a los bioaerosoles en ambientes outdoor.

**Palabras Claves:** Residuos sólidos, bioaerosoles fungi, exposición, enfermedad labora

### **Abstract**

In a System of Final Disposal of Solid Waste, it is possible that the worker is exposed to biological agents, and therefore this can cause health conditions. There are currently no studies evaluating occupational exposure and its degree of biological risk in activities where they are managed in a way that does not deliberate biological agents, so there are no threshold values - TLV that allow to establish prevention measures, compared to other risks that If they have valuation criteria. However, there are methodologies that have been developed for its study, such as the Biogaval method and the Technical Standard of Prevention for biological agents. Simplified evaluation.

In the present investigation, the estimation was made to the existing occupational exposure to bioaerosols and their degree of risk in the workers of a system of final disposition of solid waste in the municipality of Tubará-Atlántico, so that monitoring campaigns were carried out During a period of one (1) year, in two (2) morning and afternoon sessions. Four monitoring stations were located within the study area (Passive Cell 1, Passive Cell 2, Lixiviados Pool and Active Cell). The bioaerosols were collected using the six-stage Andersen Thermo Scientific waterfall impactor set, with an operating flow rate of 28.3 l / min for 5 minutes, located at a height of 1.5 m. Selective medium of Saboreaud Agar with dextrose to (2%) for the identification of bioaerosols fungi. The maximum concentration of fungi bioaerosols was found in the active cell station, where the genus *Aspergillus* Sp was identified in the dry - rainy season, with the highest concentration of 5491.166 CFU / m<sup>3</sup> and the highest concentration of *Aspergillus fumigatus*. In a lower concentration the *Penicillium* with 1823,321 UFC / m<sup>3</sup>.

According to the results obtained, there is a probability that the emissions of funga bioaerosols generated in a non-deliberate way in the operations of the final disposal system of solid waste, put at risk the health of workers being vulnerable to obtaining a disease labor. However, further studies are required in the assessment of occupational risk to bioaerosols in outdoor environments.

**Keywords:** Solid wastes, fungi aerosols, exposure, occupational disease.

## **1. Introducción.**

Dentro de un sistema de disposición final de residuos sólidos, se realizan actividades de transporte, descarga, agitación, trituración y compactación de residuos sólidos, que estimulan la dispersión vertical y horizontal de agentes biológicos (bioaerosoles), donde también influyen aspectos meteorológicos en su crecimiento y proliferación en el ambiente.

Siendo los bioaerosoles mezclas complejas de composición variable, que incluyen microorganismos (virus, bacterias y hongos) vivos o muertos, fragmentos y metabolitos procedentes de los mismos o liberados por ellos (endotoxinas y micotoxinas) de tamaño microscópico;(Bracho, L. R., & Bravo, V. G. , 2003)por tanto, se debe garantizar, además de la conservación y preservación del medio ambiente, la protección de los trabajadores frente a la exposición y el grado de riesgo asociados a ellos.(Cox, C. S., & Wathes, C. M., 1995)

La exposición a un Bioaerosol, se entiende como su presencia en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, para el caso de un sistema de disposición final de residuos sólidos, causa una exposición sin intención deliberada de utilizar o de manipular un Bioaerosol;(INSHT, 2006) es decir, es originado por las actividades propias en sus procesos.

En este sentido, los efectos sobre la salud más frecuentes asociados a la exposición a bioaerosoles fúngicos (hongos) son el alérgico y el tóxico, que se manifiestan principalmente en forma de patologías respiratorias (Dutkiewicz, 2000; Schlünssen, 2004).Estas patologías pueden ir desde efectos leves que apenas afectan a la actividad diaria (al menos inicialmente) hasta enfermedades respiratorias graves crónicas, que requieren atención médica.

Una vez identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a los bioaerosoles fúngicos, se debe proceder a evaluar los mismos, determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores(664, Real Decreto, 1997) Sin embargo, no se disponen de valores límites umbral (TLVs) para evaluar el impacto en la salud, debido a la complejidad de identificar la concentración ambiental de los bioaerosoles presentes en la actividad, las variaciones en la respuesta humana a la exposición, dado que en el medio ambiente ya se encuentra un cierto número y especies de bioaerosoles fungi a los cuales estamos todos expuestos de forma general, y que para la mayoría de personas no provocan ningún efecto adverso sobre su salud. (INSHT, 2016; Singh, 2008).

Sin embargo, el riesgo puede aparecer cuando la concentración de bioaerosoles fúngicos es anormalmente elevada, o en ciertos individuos que puedan padecer problemas respiratorios o cuyo sistema inmunológico se encuentre deprimido; Los efectos para la salud que provoca la exposición, puede provocar reacciones de hipersensibilidad (alergias), infecciones e irritaciones.(INSHT, 1996). Estos efectos dependerán de las especies fúngicas, sus productos metabólicos, su concentración, la duración de la exposición y la susceptibilidad de los individuos expuestos.

No obstante, los bioaerosoles fúngicos constituyen distintas formas de contacto como la inhaladora, dérmica y mucosas, parenteral y digestiva, teniendo en cuenta las principales vías de transmisión área, contacto directo que supone la transferencia directa e inmediata de los agentes biológicos, como indirecto, a través de objetos o materiales contaminados (utensilios, instrumentos cortantes y punzantes, alimentos, etc.) y vectores.

Esta situación representa una problemática de salud ambiental asociada a riesgos potenciales para los pobladores ubicados en el área de influencia directa de los proyectos y los



trabajadores de un sistema de disposición final de residuos(Rodríguez S. S., 2005). Teniendo en cuenta que hay muchos aspectos en el marco de sus actividades susceptibles de ser mejorados como lo correspondiente a la evaluación de la exposición y grado de riesgo, como también la adopción de medidas de promoción y prevención.

En los últimos años se han empleado dos metodologías cualitativas para la evaluación de la exposición a agentes biológicos para este escenario de manipulación no deliberada: método Biogaval (Llorca, JL et al., 2004), con una nueva edición elaborada el año 2013, y el método propuesto en la NTP N° 833(Hernández Calleja, 2009).

Esta última metodología, se aproxima más a la evaluación de riesgos cualitativa, considerando la probabilidad de exposición por vía inhaladora (atendiendo a la generación de bioaerosoles y frecuencia de exposición) y las consecuencias o severidad del daño, para establecer el grado de riesgo.

En ese orden de ideas, este trabajo tiene por objetivo principal, estimar la exposición laboral y su grado de riesgo asociados a los bioaerosoles fungi en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos ubicado en el municipio de Tubará – Atlántico, teniendo en cuenta la problemática de que riesgos puede causar la exposición a los bioaerosoles fúngicos en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos.

## **2. Planteamiento del problema.**

La contaminación del aire en áreas urbanas y rurales, es causa de enfermedades respiratorias en la población más vulnerable (niños y ancianos). Es común que se usen como indicadores de contaminación, contaminantes criterio como: material particulado (PM10, PM2.5) (alvis, B., & Rojas, N. , 2006), sin embargo, algunos efectos en la salud como la infección respiratoria aguda - IRA, no solo son producidos por este tipo de contaminantes, si no de microorganismos como los bioaerosoles son responsables de enfermedades e infecciones(Bierman, 2013).

Los bioaerosoles son la presencia de microorganismos vivos (hongos, bacterias, virus, micotoxinas, endotoxinas) solos o en suspensión como partículas que se dispersan por la acción del viento en el aire, los cuales aumentan la probabilidad de afecciones en la salud dependiendo de las vías de exposición: inhalación, ingesta o contacto con la piel(Stetzenbach L. D., 2003). Los bioaerosoles podrían generar trastornos de tipo tóxico, alérgico o irritativo dependiendo de las características como tamaño, género o especie (De la Rosa, 2005).

En relación con lo anterior, lugares como las plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de residuos orgánicos, compostaje o disposición final de residuos sólidos o rellenos sanitarios, se encuentran entre las principales actividades antropogénicas consideradas fuentes de emisión de bioaerosoles por sus operaciones que involucran materia orgánica en degradación, en donde los bioaerosoles tienen una emisión elevada, que podría ser

potencialmente nocivo a la salud humana, denotando con gran importancia el reino fungí (Hongos) (Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y., 2011).

En tal sentido, el hecho de que estas partículas puedan permanecer en suspensión y sean fácilmente transportables por acción del viento, las convierte en uno de los principales problemas asociados a los sistema de disposición final de residuos sólidos, debido al riesgo biológico por la exposición de estos bioaerosoles, obteniendo afectaciones al personal que labora dentro en los diferentes procesos del sistema de disposición y que a su vez en contacto directo con los focos donde se generan las emisiones, como lo es la celda activa y piscinas de lixiviados(Sánchez–Monedero, 2007).

Distintos estudios han mostrado una relación entre la actividad laboral en sistemas de disposición final de residuos sólidos y la aparición de distintos síntomas en los trabajadores: irritación de la piel, ojos, membranas mucosas y tracto respiratorio superior (Dutkiewicz, 2000)síndrome tóxico por polvo orgánico (con una sintomatología característica: tos, disnea y síntomas similares a los producidos por la gripe tales como escalofríos, fiebre, dolor muscular, dolor de articulaciones, fatiga y dolor de cabeza), (Lundholm, 1980) trastornos gastrointestinales (náuseas y diarrea) y respiratorios (bronquitis crónica, alveolitis alérgica, asma).

Esta propuesta se encuentra dirigida a realizar una investigación que permita generar conocimiento dando respuesta al interrogante principal:

**¿Qué riesgos puede causar la exposición a los bioaerosoles fúngicos en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos?**

### 3. Justificación.

El trabajo desde que el ser humano aparece en la tierra ha permitido el desarrollo de la humanidad hasta alcanzar los niveles inconmensurables que existen en la actualidad, trayendo consigo el deterioro de los recursos naturales. Sin embargo y bajo ciertas condiciones del avance tecnológico y de las relaciones entre los grupos humanos, dicho trabajo puede ocasionar diversas alteraciones en la salud.(Harvard School of Public Health, 2000)

Por tanto, instituciones a nivel mundial empezaron a establecer directrices en pos de prevenir y proteger a los trabajadores de los riesgos a la salud por accidentes y enfermedades laborales, estableciendo condiciones del medio ambiente laboral adaptadas a las capacidades físicas y psicológicas de los trabajadores.

Sin embargo, un ambiente saludable no es solo una necesidad, sino también un derecho, el derecho a vivir y de trabajar en un ambiente que favorezca la salud física y mental. *"La salud es únicamente posible donde los recursos son disponibles para resolver las necesidades humanas y donde el ambiente de trabajo y de vida esté protegido de las amenazas a la vida, las contaminaciones y los peligros físicos y patógenos"*; Este criterio se planteó en la Declaración Universal de los Derechos Humanos.(Hernández Rodríguez, 1997)

Una de las principales preocupaciones de toda compañía debe ser el control de higiene y salud laboral para proteger a sus trabajadores como sus recursos materiales y financieros; teniendo en cuenta que los accidentes y enfermedades laborales son factores que interfieren en el

desarrollo normal de las actividades de la empresa, incidiendo negativamente en la productividad y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el ámbito laboral.

En consideración a lo anterior, toda compañía debe asumir su responsabilidad en buscar y poner en práctica las medidas promoción y prevención necesarias que contribuyan a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en las operaciones de la empresa y brindar a sus trabajadores un medio laboral seguro. (Pareja, 2012)

El presente trabajo de investigación tiene por objeto estimar la exposición laboral y el riesgo asociados a los bioaerosoles en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos, para así establecer cuáles serían las posibles consecuencias en la salud; teniendo en cuenta las operaciones de transporte, descarga, agitación, trituración y compactación de residuos sólidos que se dan en las celdas activas como también los procesos las piscinas de lixiviados.

La exposición del trabajador, al que se encuentra durante estos procesos, son bioaerosoles, adheridos al material particulado originados durante dicho proceso, los cuales ocasiona una serie de perturbaciones físicas y biológicas (alergias, diarreas, irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos gastrointestinales y respiratorias, etc.) que modifican las condiciones iniciales de salud del trabajador.(Singh, 2008)

En tal sentido, los efectos patológicos en los trabajadores, debido a la exposición de los bioaerosoles originados en las actividades del sistema de disposición final de residuos pueden ser considerables. Para lo cual existen instituciones como; Centers For Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Manual Of Analytical Methods (Niosh 0800, Niosh 0801, Niosh 900) y la Agencia Federal de Salud e Higiene

Ocupacional (OSHA) que tienen métodos estándares para el muestreo de factores de riesgos dentro de una industria, entre estas metodologías, se destaca el Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas – BIOGAVAL y las notas técnicas de prevención – NTP N°833.

En nuestro país, de acuerdo a la información encontrada, se han desarrollado investigaciones sobre caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda del Distrito Capital de Bogotá(ESCOBAR, 2006 ), como también la evaluación de la concentración de bioaerosoles fungí asociados al relleno sanitario palangana en la ciudad de Santa Marta(Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y., 2011)yEvaluación de bioaerosoles fungí asociados a un Relleno sanitario ubicado en el Municipio de Tubará, Departamento del Atlántico(Morgado Gamero, 2017).

Por lo tanto, es importante realizar mediciones ambientales de forma cuantitativa de bioaerosoles en el aire al efectuar las actividades propias en un sistema de disposición final de residuos sólidos, de esta manera saber en cuánto puede contribuir dicha investigación para tomar medidas preventivas para la exposición del trabajador.

## **4. Objetivos.**

### **4.1 Objetivo General.**

Estimar la exposición laboral existente a los bioaerosoles y el riesgo en los trabajadores de un sistema de disposición final de residuos sólidos ubicado en el departamento del Atlántico.

### **4.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Establecer la distribución espacio temporal de los bioaerosoles del reino fungí en el sistema de disposición final de residuos sólidos.
- ✓ Evaluar la exposición laboral y su grado de riesgo asociado al comportamiento de los bioaerosoles del reino fungí dentro del sistema de disposición final de residuos sólidos.
- ✓ Establecer medidas de prevención de los riesgos relacionados con la exposición a los bioaerosoles fúngicos en los trabajadores del sistema de disposición final de residuos sólidos.

## **5. Marco referencial**

### **5.1. Marco teórico**

La atmosfera, se considera como una mezcla de gases, compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, que sustenta la vida en la tierra; siendo posible que una gran variedad de microorganismos (bioaerosoles) lo cual permite que se transporte este medio, cambiando su localización geográfica por medio de la dispersión, condiciones meteorológicas y a su vez su ciclo de vida. (Rosas L. S., 2004).

Al encontrarse los bioaerosoles suspendidos en el aire, el organismo del ser humano, al igual que todo ser vivo, están expuestos a los bioaerosoles cuando estos se encuentran en elevadas concentraciones, causando afectaciones a la salud, por los que estos comprenden diámetros entre 0.1 a 10 $\mu$ m de diámetro y son los únicos que tienen la capacidad de entrar al sistema respiratorio inferior, el cual está compuesto por la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y alvéolos.

No obstante, el ser humano tiene mecanismos de defensa como: vellos nasales, los cilios, el revestimiento de la tráquea, etc.(Esposito, 2012)que pueden de cierto modo una retener la entrada de los bioaerosoles grandes al aparato respiratorio superior (epiglotis, laringe, cavidad nasal y faringe) y los pequeños son exhalados; sin embargo, los bioaerosoles menores a 5 $\mu$ m penetran hasta los pulmones y se depositan en los alvéolos (Kummer, V., & Thiel, W. R. , 2008). De igual forma, las regiones con mayor acumulación de partículas son la extratorácica (orificios



nasales y laringe), bronquial (tráquea, bronquial y terminal bronquial) y alveolar (bronquios y las bolsas de alveolares).

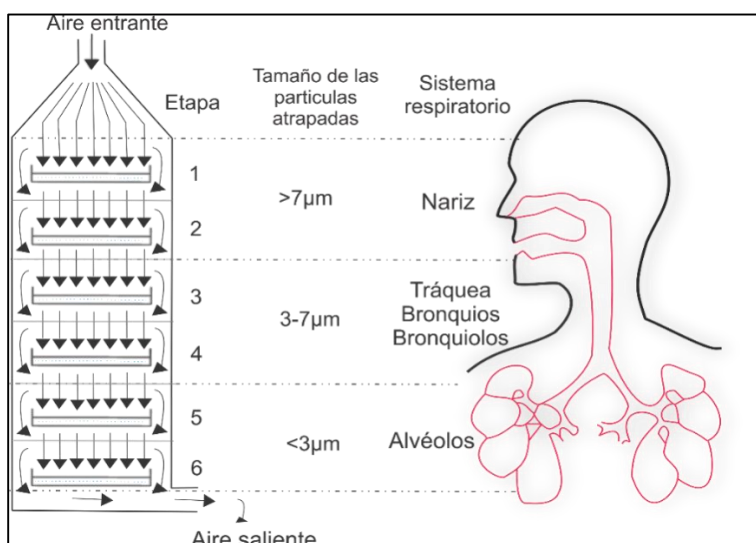
Al avanzar hacia los pulmones las partículas realizan difíciles movimientos circulares que hacen que las partículas choquen con las paredes de la tráquea y bronquios; por esta media infección como la difteria, la influenza, afecciones respiratorias virales agudas y enfermedades contagiosas como sarampión y paperas se establecen en el organismo. (Douwes J. T., 2003)

**5.1.2. Bioaerosoles.** Diferentes autores han definido a los aerosoles biológicos o bioaerosoles, como las partículas aerotransportables, de toda clase de material biológico que se encuentra suspendido en el aire y que contienen organismos viables y no viables (Camargo, Y. C., Henao, D. H., & Vélez-Pereira, A. M., 2011) estas partículas al ser muy pequeñas comprenden diámetros entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$  (Cox, C. S., & Wathes, C. M., 1995; De la Rosa, 2005), lo cual pueden estar suspendidas en el aire con una gran facilidad debido a su tamaño.

Los bioaerosoles están siempre presentes en la atmosfera, aunque su número y viabilidad varíen según las condiciones propias de la localidad. Sin embargo, la presencia de microorganismos vivos en el aire (hongos, bacterias, virus, micotoxinas, endotoxinas) solos o en suspensión mediante partículas en el aire dispersados por la acción del viento con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100  $\mu\text{m}$  (Cox, C. S., & Wathes., 1995); los cuales aumentan la probabilidad de afecciones en la salud dependiendo de las vías de exposición como la ingesta, inhalación o contacto con la piel; siendo la inhalación la que da lugar a las mayores afecciones en la salud (Kummer, V., & Thiel, W. R., 2008).

Así mismo, los bioaerosoles de mayor importancia, desde un punto de vista sanitario, son los que tienen un tamaño inferior a 5  $\mu\text{m}$ , debido a su tamaño tan pequeño pueden ser inhalados y

alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas (Stetzenbach L. D., 2003).



**Figura 1.** Diámetro de partículas respirables, por el ser humano **Fuente:** (Gil, 2014)

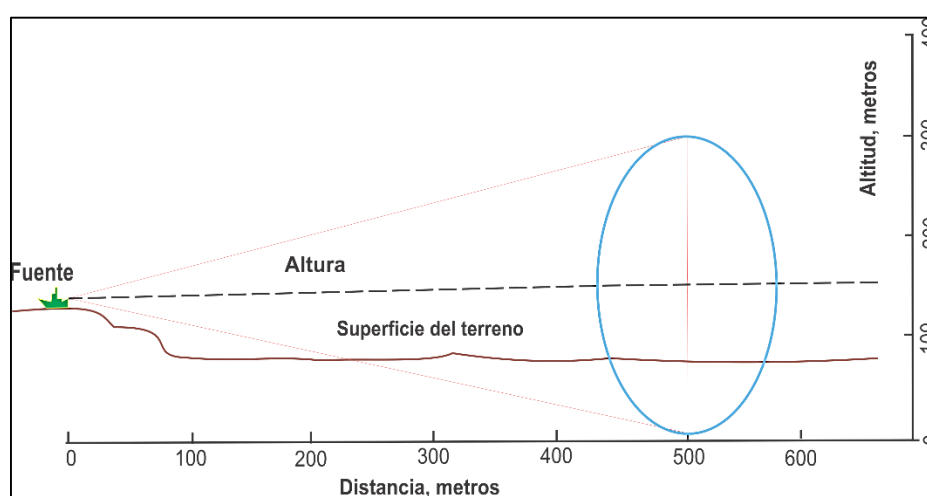
Las esporas de hongos y las aerobacterias, se encuentran entre los bioaerosoles más numerosos en la atmosfera del medio ambiente; su concentración está influenciada por los procesos Aero-biológicos de liberación, dispersión y disposición (Gil, 2014); sin embargo, factores como la localización geográfica, topografía, época del año, hora del día, parámetros meteorológicos, localización del equipo de muestreo en relación con la fuente de los bioaerosoles, además de las actividades humanas, influyen en su comportamiento para su evaluación (Grinn-Gofroń, Strzelczak, & Wolski, 2011).

Resulta oportuno resaltar las fuentes de emisión de los bioaerosoles, las cuales se ven asociadas a diferentes fuentes emisoras, desde las fuentes naturales como bosques y humedales, como también resaltar las actividades antropogénicas, las cuales se han evidenciado estudios que todas aquellas actividades como plantas de tratamiento de agua residual, la agricultura

disposición final de residuos ya sea en rellenos sanitario, compostajes o botaderos, eso en lo que respecta a ambientes outdoor y en cuanto a otros ambientes como los indoor, podemos encontrar presencia de los bioaerosoles en Unidades de Cuidados intensivos, laboratorios e incluso en las oficinas. (Burkowska, 2011; Ghosh, B., Lal, H., & Srivastava, A., 2015; Goyer, N., & IRSST (Québec), 2001; Guo, X., Wu, P., Ding, W., Zhang, W., & Li, L. , 2014).

**5.1.2 Condiciones ambientales para la presencia de los Bioaerosoles.** Los fenómenos relacionados con la permanencia, transporte y dispersión de los bioaerosoles, están fuertemente ligados a los procesos atmosféricos incluyendo factores como turbulencias del aire, radiación solar, lluvia, temperatura ambiente, humedad relativa, entre otros. También hay que tener en cuenta los aspectos aerodinámicos de las partículas de como: forma, volumen, tamaño, peso, etc. (Rendueles M. L., 2011)

De forma teórica, los bioaerosoles se liberarían inicialmente formando un cono horizontal con el vértice situado en el foco de emisión, como se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 2.** Forma teórica de liberación y dispersión de partículas **Fuente:**(Main, 2000)

De acuerdo a las condiciones que existen para que estos bioaerosoles estén en supervivencia, está influenciada por las variables meteorológicas como se mencionó anteriormente, en donde se tienen en cuenta la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, radiación y oxígeno.(Mohr, 2002). De igual manera estos factores ambientales son los más significativos, por lo que estos influyen en los altos niveles de concentración en ciertas épocas del año.

La temperatura ambiente tiene una relación con los bioaerosoles en cuanto se refiere a que los aumentos de esta tienen a disminuir la viabilidad de los bioaerosoles en el aire. Altas temperaturas influyen en ciertos microorganismos suspendidos debido a que no toleran estas condiciones, presentando baja concentración(Lighthart B. , 2000). Sin embargo, caso contrario sucede con la humedad, debido a que es un factor que ayuda en la viabilidad de estos bioaerosoles, por lo que estos le proporcionan al microorganismo hidratación y a su vez su supervivencia. (García).

Factores como la velocidad del viento permite también la viabilidad de los Bioaerosoles por lo que las masas de aire son las que hacen el transporte y la emisión de estos microorganismos suspendidos en el aire debido a sus diámetros pequeños, su transporte se hace liviano, expandiendo su distribución en este medio. (Camargo, Y. , 2011).

Todas estas variable meteorológicas antes mencionadas afectan la liberación inicial de este material biológico y su dispersión una vez en el aire, (Jones, A. M., & Harrison, R. M., 2004), por lo que hay autores que después de haber realizados los estudios, encuentra la relación entre la temperatura y la concentración de microorganismos, concluyendo que es directamente proporcional, puesto que al aumentar esta variable de temperatura, coincide con los niveles más

elevados de unidades formadoras de colonia. (ESCOBAR, 2006 ; Huang, Lee, Li, Ma, & Su, 2002; Hughes, 2003; Hurtado, 2014)

**5.1.3. Bioaerosoles Fungi.** Los bioaerosoles fungí, o también conocidos como hongos aerotransportables, se encuentran suspendidos en el aire, la concentración de estos microorganismos, varía dependiendo de los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar. Sin embargo, las actividades antropogénicas (Sánchez–Monedero, 2007), han contribuido a que éstos tengan un aumento de las elevaciones altas en sus concentraciones, y contaminando el aire que respiramos. No obstante, estos tienen características como lo es su tamaño por lo que están comprendidos entre 1 hasta 50 micras, con una moda entre 2 y 10 micras(Huang C. Y., 2002), también son microorganismos multicelulares por lo que están compuestos por filamentos conocidos como hifas que permite la reproducción de las esporas que son liberadas (Arenas, 2011).

Estos a su vez han sido fuentes de gran preocupación como resultado de su capacidad para causar infecciones respiratorias y provocar reacciones alérgicas (Biermann, 2013); estos pueden actuar como aeroalérgenos en ausencia de infección, dependiendo de la situación de exposición y la dosis, resultando en exacerbación del asma, rinitis alérgica y angustia respiratoria, así como potenciales causantes de infecciones en la piel y otros órganos del cuerpo. (C E W Herr, 2003).

En el ambiente podemos encontrar gran variedad de estos microorganismos, ya que es su hábitat natural (agua aire y suelo). Entre los géneros de hongos qué más podemos evidenciar con frecuencia tenemos el *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* *Epicoccum*(Hansgate, Schloss, Hay, & Walker, 2005) los cuales en muchas ocasiones son los responsables de causar enfermedades alergo-respiratorias(Singh, 2008)

**5.1.4. Riesgo Biológico.** La exposición diaria de una persona a la contaminación del aire (bioaerosoles) es la sumatoria de sus exposiciones a varios ambientes a lo largo del tiempo. Estos espacios particulares de exposición se conocen como microambientes y pueden variar a lo largo del día. La exposición en cada microambiente es el producto de la concentración del contaminante en particular por el tiempo que permaneció la persona en cada uno de estos espacios (vivienda, trabajo) (Mantzouranis, 2008)

La exposición no debe ser confundida con la dosis de la cantidad de contaminante absorbida, por lo que para definir cuanto se ha absorbido de dicho contaminante, se debe tener valoración de la exposición diaria. Para eso cuando son ambientes de trabajo en exteriores, el promedio diario de una concentración ambiental de contaminante es una aproximación a la exposición real de la persona (Ballester F, 2005)

Las maneras de afectación de los bioaerosoles como contaminantes sobre la salud humana, dependen de las propiedades físicas, químicas y biológicas de éstos; así como de las dosis y el tiempo de exposición en el lugar de trabajo; Es decir, la respuesta-efecto del contaminante depende de la frecuencia y duración de la exposición de la persona a la contaminación, al tipo de contaminante y su concentración, lugar, hora y día de la semana, igual como la temperatura y otros parámetros meteorológicos, entre otros factores como los hábitos de alimentación, o adiciones inadecuadas (consumo de licor, cigarrillo, etc.) (Gutiérrez, 2011).

La exposición al riesgo biológico, se clasifica en aguda y crónica, esto dependerá del tiempo en que estuvo expuesto y el nivel de la concentración del contaminante. La llamada exposición aguda, es cuando el individuo permanece expuesto a elevadas concentraciones del contaminante durante un periodo corto, ocasionando daños sistémicos al cuerpo humano (Harvard School of Public Health, 2000).

Por otro parte, la exposición crónica, se caracteriza por un largo periodo de exposición a bajas concentraciones que producen daños, debido a los factores acumulados y recurrentes. La diferencia entre crónico y agudo viene dada por lo que el daño agudo, puede representar signos y síntomas graves, incluso causar la muerte; en cambio, los daños crónicos al principio no son graves y pueden pasar por desapercibidos o se confunden con distintas afecciones, dando como resultado enfermedades crónicas, como el asma o afecciones neurológicas que también pueden causar la muerte (Douwes J. T., 2003)(Gomes, C., Freihaut, J., & Bahnfleth, W. , 2007).

Los efectos que más se han estudiado en relación a la exposición aguda de los contaminantes atmosféricos bioaerosoles, son los daños a las funciones pulmonares, así como el incremento de los síntomas respiratorios y la mortalidad causada por afección del sistema respiratorio. (De la Rosa, 2005).

Un gran número de enfermedades agudas han sido relacionadas con la exposición a los contaminantes del aire, como las partículas aerotransportadas o, bioaerosoles; entre ellas encontramos a las enfermedades del tracto respiratorio superior e inferior, Bronquitis, Pulmonía, Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y tos con flema.(Heyman, 2005).

Del mismo modo, los bioaerosoles como factor de riesgo biológico, son de preocupación para la salud humana; Entendiéndose este como aquellos representados y originados por microorganismos, toxinas, secreciones biológicas, tejidos y órganos corporales humanos y animales, presentes en determinados ambientes laborales, que al entrar en contacto con el organismo pueden desencadenar enfermedades infecciosas, reacciones alérgicas, intoxicaciones o efectos negativos en la salud de los trabajadores (Goyer, N., & IRSST (Québec), 2001; Gutiérrez, 2011)

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales-ACGIH y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-INSHT no han establecido TLV o valores límites para los agentes biológicos por varias razones(INSHT, 2016):

- ✓ Los microorganismos cultivables no constituyen una sola entidad, son mezclas complejas de diversa naturaleza.
- ✓ La respuesta de la persona a los bioaerosoles será muy diferente dependiendo del germen y de la susceptibilidad individual del trabajador.
- ✓ No es posible tomar y evaluar todos los componentes de un Bioaerosol utilizando un solo método de muestreo.
- ✓ La información disponible acerca de las concentraciones de bioaerosoles cultivables y los efectos sobre la salud no es muy amplia.

Sin embargo, evaluar la exposición a los riesgos biológicos se debe partir necesariamente con un reconocimiento del lugar de trabajo. El reconocimiento puede estar dirigido a cubrir todos los componentes del proceso, u orientado solo a una parte específica del mismo. En la identificación de los riesgos en los lugares de trabajo se deben cubrir todos los pasos desde la entrada de la materia prima al proceso hasta la obtención del producto final; esto requiere la comprensión del proceso en todas sus etapas para poder estimar con alguna precisión en qué momento se liberan contaminantes, en qué sitio y por cuánto tiempo están expuestos los trabajadores. (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013).

El identificar el agente biológico en el ambiente o medio laboral, la familia a la que pertenece, el medio de recolección de la muestra, la metodología de análisis y el resultado de la identificación, determinación y/o titulación, permitirá reconocer las características específicas del agente en cuanto a: sobrevivencia (tiempo de permanencia en condiciones adversas), viabilidad



(capacidad de reproducción y sobrevivencia) y capacidad o no de esporulación (muestreo ambiental) (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013; Gutiérrez, 2011; Hernández Calleja, 2009).

En base a lo anterior, es cuando se considera la frecuencia de realización de tareas con riesgo biológico, evalúa el tiempo en el que el trabajador se encuentra expuesto al agente biológico objeto del análisis. Para ello se calcula el porcentaje de tiempo de trabajo al que se encuentra el trabajador en contacto con los distintos agentes biológicos, descontando del total de tiempo de la jornada laboral, el tiempo empleado en pausas, tareas administrativas, entre otras.

**5.1.5. Evaluación del Riesgo Biológico.** El proceso que se requiere para evaluar los riesgos laborales va dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos, los cuales no se han podido evitar. De ahí surge la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse (664, Real Decreto, 1997)(art. 3.1).

Evaluar la exposición permite obtener una estimación del riesgo, es decir, de la probabilidad de que un trabajador sufra un daño específico derivado de la exposición, y a partir de los resultados obtenidos, decidir sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas adicionales, por lo cual la evaluación de la exposición a los riesgos, deben añadirse consideraciones sobre los daños específicos que puede producir la exposición a esos agentes. (Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007)

Los agentes biológicos, en este caso los bioaerosoles, son considerados dentro del grupo de riesgos biológicos, según la Guía Técnica Para el Análisis de Exposición a Factores de Riesgo Ocupacional para el Proceso de Evaluación en la Calificación de Origen de Enfermedad.(Ministerio de la Protección Social & Strauss, 2011).

La evaluación del riesgo derivado de la exposición a agentes biológicos, se deben considerar:

- ✓ Identificar el peligro.
- ✓ Determinar si hay “presencia” o “posible presencia” en el lugar de trabajo.
- ✓ La actividad implica la intención deliberada de manipular los agentes biológicos o de utilizarlos en el trabajo.
- ✓ La actividad no implica la intención deliberada de manipular agentes biológicos o de utilizarlos en el trabajo, pero puede provocar la exposición de los trabajadores a estos agentes.

Con base a lo anterior se empieza a indagar qué tipo de actividad se requiere, por lo que existen actividades con intención deliberada y actividades que no implica intención deliberada. (Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007).

- ✓ **Actividades con intención deliberada de manipular agentes biológicos:**  
son aquellas donde es evidente en las actividades ya que forman parte esencial del proceso, conociendo por lo tanto el agente biológico manipulado, las cantidades empleadas y las operaciones realizadas. Es importante disponer de la mayor información posible sobre los agentes biológicos manipulados: peligrosidad (efectos sobre la salud, propagación, viabilidad), medidas profilácticas, control de la exposición /protección individual, medidas en caso de vertido accidental, almacenamiento, transporte, consideraciones relativas a su eliminación y cualquier otra información relevante para la salud y seguridad de los trabajadores.(Olivier Schlosser, 2009; Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007)

✓ **Actividades sin intención deliberada de manipular agentes biológicos:**

estas son las actividades en las que en primer lugar es necesario identificar el factor de riesgo, es decir la presencia o posible presencia de agentes biológicos en el lugar de trabajo, por lo que en el ambiente de trabajo se encuentran un cierto número y especies de microorganismos a los cuales estamos todos expuestos de forma general, y que para la mayoría de personas no provocan ningún efecto adverso sobre su salud, sin embargo cuando en las actividades se presenta una alta elevación de estos microorganismos en el entorno es cuando causa problemas a la salud. (Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007).

A partir de la identificación de las actividades que causan un factor de riesgo, la evaluación a la exposición de un agente biológico, permitirá analizar a fondo si es realmente el causante de muchas enfermedades. Para ello hay que tener en cuenta la cadena de transmisión la cual nos permitirá analizar cómo es la exposición que el trabajador puede tener.



**Figura 3. Cadena de transmisión Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

- 1) **Reservorio:** es el foco de contaminación o lugar donde se acumulan y proliferan los agentes biológicos. Este puede presentarse tanto en forma de ser vivo (animales pequeños) o inanimado (suelo, aire, agua u objetos contaminados). (Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007).
- 2) **Posibilidad de Salida del Reservorio o de Acceso del Trabajador:** la exposición es necesario que los agentes biológicos puedan salir del reservorio y liberarse al ambiente de trabajo, o que el trabajador pueda tener acceso al mismo, aquí influyen las horas en la que este está expuesto en su trabajo.
- 3) **Vía de Transmisión:** es por el cual el agente biológico se transmite causando afecciones en la salud. Este se puede dar por diferentes formas como:

**Tabla 1.***Descripción de las Vías de Transmisión*

<b>Vías de Transmisión</b>	<b>Descripción de las Vías de Transmisión</b>
Vía Aérea	Se presenta por el aire, en forma de Bioaerosol o Aerosoles Biológicos.
Contacto	Este se puede dar tanto directo refiriéndose a una transferencia inmediata de los agentes biológicos, o indirecto por materiales u objetos contaminados (utensilios, instrumentos cortantes y punzantes, agua, productos biológicos (sangre, tejidos y órganos), alimentos, etc.).

---

Por Gotas	Por la diseminación y contacto con piel y mucosas de secreciones respiratorias, generadas al hablar, toser o estornudar.
Por Vectores	Organismos vivos que transmiten algún tipo de enfermedades infecciosas entre las personas.

---

**Fuente:**(INSHT, 2016; Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007)

4) **Vía de exposición:** la exposición puede presentarse de diferentes formas como por vías inhaladora, dérmica y mucosas, parenteral y digestiva, y de ahí parte la probabilidad de efecto será más elevada cuando coincidan la vía de transmisión con la vía de exposición.

5) **Trabajador:** es el último de la cadena de transmisión y el afectado.

Al comprobarse que por una cadena de transmisión dependiendo de las actividades laborales, se puede notar que la exposición a un agente biológico, cuando se mantiene una frecuente exposición a este riesgo, causa afecciones al trabajador. No obstante, a pesar de que no exista en la actualidad TLV, para evaluar este riesgo, se han optado, por analizar el grado de riesgo a esta exposición.

Se han propuesto diferentes metodologías, las cuales permitirán analizar esa exposición y grado de riesgo, por modelos cualitativos, de aquellas actividades que son sin intención deliberada. Cabe resaltar que a pesar de que existan estas metodologías cualitativas no están diseñadas para su aplicación en la evaluación de la exposición a agentes que no se manipulan o con los que no se trabaja de forma intencionada pero que pueden aparecer en alguna de las operaciones que se realizan en la actividad.(Swan, Kelsey, Crook, & Gilbert, 2003)

Así mismo, las metodologías que se han implementado para evaluar la exposición a agentes biológicos no deliberados han sido el método BIOGAVAL(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013) y el método que propone la NTP N° 833 (Agentes biológicos. Evaluación simplificada) (Hernández Calleja, 2009).

### **METODO BIOGAVAL**

Esta metodología, cuenta con variables de microorganismos teórico que a su vez provocan un daño en el trabajador, contemplando un análisis por:

- ✓ vías de transmisión.
- ✓ Tasa de Incidencia de la Enfermedad.
- ✓ Vacunación.
- ✓ Frecuencia de Realización de las Tareas de Riesgo.
- ✓ Medidas Preventivas Adoptadas.

Las cuales permitieran de una manera sencilla formular un concepto “cualitativo” acerca del riesgo derivado de la exposición a cada uno de los agentes biológicos contemplados. (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013).

Las variables para analizar la exposición a un agente biológico, que contempla esta metodología, pueden relacionar con una mayor o menor probabilidad de entrada de estos agentes biológicos.

En lo que respecta las actividades y lugares aplicables para la evaluación de estos riesgos por medio de esta metodología es aplicable en trabajos como:

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

- ✓ Actividades en las que existe contacto con animales o con productos de origen animal.
- ✓ Trabajos en centros de producción de alimentos.
- ✓ Trabajos agrarios.
- ✓ Trabajos en unidades de eliminación de residuos.
- ✓ Trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales.

En el marco de observaciones de los trabajos donde puede aplicarse esta metodología, se debe tener en cuenta para su evaluación la identificación microbiológica (género y especie), de “todos” los microorganismos que pueden aparecer en la actividad a evaluar y la evaluación de riesgos se realiza como si se tratara de una exposición deliberada a “todos” estos microorganismos.(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013). De igual forma también SE DEBE considerar la tasa de incidencia de una enfermedad la cual es de interés dependiendo de la actividad.

SE Clasifican los agentes biológicos atendiendo a su grupo de riesgo de infección según en el anexo II del(664, Real Decreto, 1997). La cual permite evaluar únicamente considerando aquellos agentes biológicos infecciosos que causen efectos alérgico y tóxico que son los más frecuentes.

**MÉTODO DESCRITO EN LA NTP 833**

Lo que presenta esta metodología simplificada para evaluar los agentes biológicos, está basada en dos partes, dando prioridad si estos agentes son o no son infecciosos dependiendo de la exposición del trabajador frente a este.

La evaluación de riesgos por exposición a agentes infecciosos, se ha considerado la probabilidad de que se produzca el daño, por condiciones generadas por los bioaerosoles, frecuencia contacto, cantidad manipulada. Así mismo, trayendo como consecuencias (grupo de riesgo de infección), propone un conjunto de medidas preventivas según el nivel de riesgo obtenido.(Hernández Calleja, 2009).

Los riesgos por agentes no infecciosos, también son analizados en esta metodología, la cual son analizados por lo que provocan efectos alérgicos o tóxicos, considerando la probabilidad del daño y las consecuencias (desde irritación hasta efectos cancerígenos) se agrupan en cuatro categorías, con un nivel de riesgo potencial.(Hernández Calleja, 2009; Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007).

A diferencia de la metodología presenta por el BIOGAVAL, esta metodología NTP N°833, aproxima una evaluación de riesgos “cualitativa”, considerando probabilidades de exposición a la generación de bioaerosoles y la frecuencia a esta exposición y las posibles consecuencias de las afecciones a este riesgo biológico.

## **5.2. Antecedentes**

En relación a estudios relacionados con evaluación de bioaerosoles, el Instituto Universitario de Salud Ambiental y Ocupacional de Taiwán, evaluó los diferentes niveles de bioaerosoles encontrados en un relleno sanitario, correlacionando la presencia de bioaerosoles con las diferentes estaciones que esta ciudad presenta, estableciéndose una predominancia de 7µm de diámetro en las partículas viables encontradas, permitiendo que sean inhaladas hasta llegar a los pulmones, trayendo como posible consecuencia afecciones respiratorias en la población del sur de Taiwán.



De igual forma, la universidad autónoma de aguas calientes en México realizó estudios en la zona aledaña al relleno sanitario “San Nicolás”, donde se aislaron 21 especies de bacterias cultivables patógenas y patógenas oportunistas del aparato digestivo, y tracto urinario.

Otro estudio realizado en la ciudad de Yucatán relacionó la influencia de la disposición final de los residuos sólidos y su respectivo tratamiento con las partículas aerotransportables viables, se seleccionaron 20 puntos en los cuales se realizaron tres muestreos, utilizando el equipo Andersen de seis etapas para la colección de muestras. En el 2004, en Mérida (México) se realizó la esquematización de la dispersión de los aerotransportables a partir de las fuentes generadoras, los sitios de muestreo fueron todas las instalaciones ubicadas en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida: Relleno Sanitario, lagunas de lixiviados, planta de composteo y planta de separación, los puntos de muestreo se seleccionaron en función de la dirección del viento y de los lugares considerados con mayores posibilidades de generación de aerotransportables, a fin de cubrir la mayor superficie posible.

En Colombia, un proyecto realizado por la universidad del Magdalena evaluó la concentración de hongos asociados a procesos en el relleno sanitario Palangana de Santa Marta. Se encontró que los géneros con predominancia fueron: *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*. y *Geotrichum spp* (Camargo, 2009). Otro caso de estudio, realizado en Colombia es el desarrollado por la Universidad de Antioquia, donde se analizó Aerotransportables biológicos asociados al relleno sanitario La Pradera (Antioquia), llevándose a cabo conteos de partículas viables de hongos y bacterias haciendo una identificación macroscópica y microscópica de los géneros de hongos aislados (Sánchez-Monedero, 2007). En el departamento del Atlántico, se llevó a cabo el estudio de Evaluación de bioaerosoles desde un relleno sanitario en el departamento del Atlántico. (Campo, M. & González, E., 2016). También se encuentra la Evaluación de

bioaerosoles fungi asociados a un relleno sanitario en el municipio de Tubará, Atlántico.

(Morgado Gamero, 2017). Así mismo (Carvajal, 2016) evaluó en un relleno sanitario las

Aerobacterias en el corregimiento de cuatro bocas Tubará, Atlántico. Con respecto a los estudios

de la evaluación del riesgo solo se encuentra uno realizado en España titulado con el nombre de

Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de selección de residuos de

envases.(Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A., 2007).

## 6. Metodología.

### 6.1 Área de estudio

El área de estudio del proyecto corresponde a un Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos, ubicado en un lugar a 15 km de la ciudad de Barranquilla, con coordenadas de  $10^{\circ}55'50''$  de latitud Norte y a  $73^{\circ}15'55,27''$  de longitud Oeste, se establece en zona Rural del municipio de Tubará, departamento del Atlántico (Figura N°4).



**Figura 4.** Imagen satelital del lugar de Disposición Final de Residuos Sólidos, Tubará, departamento del Atlántico. **Fuente:** Google Earth.

El sistema de disposición final de residuos sólidos, cuenta con un área total de 135 hectáreas, de las cuales 75 hectáreas son para la disposición final de residuos, la cual, cuenta con una frecuencia de operación diaria aproximadamente de 1.500 toneladas de residuos enterrados,

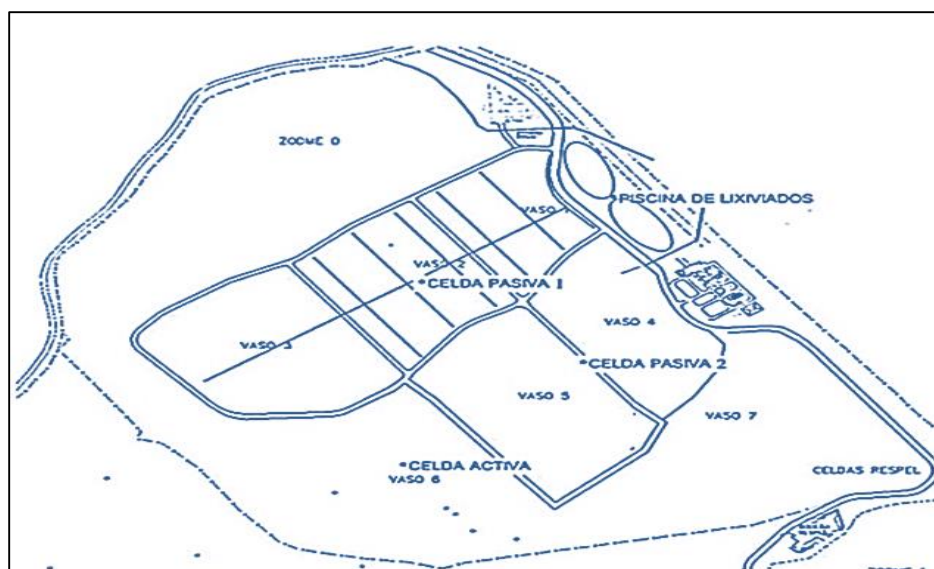
provenientes del Distrito de Barranquilla, y de los municipios de Puerto Colombia, Galapa y Sabanalarga, y corregimientos de Cascajal (Sabanalarga), en Martillo y La Retirada (Ponedera), Cuatro Bocas y la Zona Costera de Tubará.

## **6.2.Muestreo en el área de estudio**

**6.2.1 Estaciones de Monitoreo.** En un periodo de un año, se realizó la medición de la inmisión de Bioaerosoles fungí, en el cual se ubicaron cuatro estaciones de monitoreo en las instalaciones de la disposición final de residuos como objeto de estudio.

Estas estaciones fueron seleccionadas, considerando factores ambientales que predominan en esta zona, por lo que el Bioaerosol se desplaza a través de las condiciones meteorológicas presente en el ambiente. Dentro de esta, se consideraron la dirección del viento como factor principal. A partir de ese factor, se plantean los puntos donde se colocará el equipo para muestrear, los cuales fueron celda pasiva 1 y 2, piscina de lixiviados y celda activa.

No obstante, estas estaciones luego de haber sido identificadas como punto para objeto de estudio, con ayuda de un GPS y un pre-muestreo se tomaron las coordenadas donde se colocó el equipo de recolección de muestras para Bioaerosoles Fungís.



**Figura 5.** Ubicación de estaciones en el relleno sanitario.

**Fuente:** Campo, et. al., 2015.

Las coordenadas de cada estación de monitoreo, fueron fijas a excepto de la celda activa, la cual se presentó como un punto móvil por cambios frecuentes del terreno a causa de la operación en la disposición final de los residuos sólidos.

Celda Pasiva 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizada en una terraza, específicamente en el eje central de tres vasos (Vasos 1, 2, 3). Cuenta con chimeneas activas.</li> <li>• <b>Coordenadas:</b> N10°55'50.84" W74°55'32.92"</li> </ul>
Celda Pasiva 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicada en un punto equidistante (Vaso 4-5). Cuenta con chimeneas activas.</li> <li>• <b>Coordenadas:</b> N10°55'46.06" W74°55'24.31"</li> </ul>
Piscina de Lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estación ubicada en medio de dos piscinas de lixiviados del sistema de disposición final de residuos.</li> <li>• <b>Coordenadas:</b> N10°55'56.58" W74°55'22.92"</li> </ul>
Celda Activa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicada aproximadamente a 6m de la operación en la dirección del viento. Esta estación es la única que cambia su ubicación según el plan de trabajo del relleno.</li> <li>• <b>Coordenadas:</b> al no ser una estación fija, las coordenadas que tuvo durante el año de monitoreo son presentadas en la tabla N°2.</li> </ul>

**Tabla 1**

*Coordenadas geográficas de la estación Celda Activa, durante el Periodo de un año.*

Campañas	Coordenadas Geográficas	
	Norte	Este
<b>1</b>	10°55'40.87"	74°55'30.43"
<b>2</b>	10°55'41.41"	74°55'31.69"
<b>3</b>	10°55'41.60"	74°55'30.50"
<b>4</b>	10°55'43.50"	74°55'30.30"
<b>5</b>	10°55'39.91"	74°55'27.91"
<b>6</b>	10°55'41.56"	74°55'31.94"
<b>7</b>	10°55'92.83"	74°55'92.55"
<b>8</b>	10°55'71.2"	74°55'51.3
<b>9</b>	10°55'76.7"	74°55'39.0"
<b>10</b>	10°55'74.0"	74 °55'39.5"
<b>11</b>	10°55'71.2"	74°55'51.3"
<b>12</b>	10°55'71.3"	74°55'51.0"

**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

**6.2.2 Recolección de muestras.** Para llevar a cabo la recolección de muestras, se evaluaron diferentes metodologías, y se tomó la utilizada por (Camargo, Y. C., Henao, D. H., & Vélez-Pereira, A. M., 2011). Posteriormente se realizó un pre-muestreo para determinar los tiempos en el que el equipo iba a realizar la toma de muestra.

Esta recolección, en el pre-muestreo se establecieron diferentes tiempos, los cuales fueron 3, 5, y 10 minutos, para lo cual según diferentes estudios el tiempo óptimo de esta recolección es de 5 minutos, por lo que este presenta una precisión en cuanto a las concentraciones encontradas en las distintas etapas del impactador de cascada. Posteriormente al haber elegido el tiempo óptimo también se consideró que esta recolección se realizaría en dos jornadas (matutina y vespertina), y un periodo de un año el cual, se monitoreo una vez al mes.

### **6.3. Materiales y Equipo**

**6.3.1.1 Equipos.** Algunas partículas viables suspendidas en el aire, requieren de equipos un poco más específicos para la recolección de sus muestras, por lo cual para este estudio en campo se utilizó el impactador de cascada marca Thermo Fisher Scientific, el cual está diseñado para simular el aparato respiratorio, por lo que dispone de 6 placas que permite coleccionar las partículas que son sedimentables en la etapa (1) y respirables en la etapa (6), (Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y., 2011).

Este equipo cuenta con varios orificios perforados con precisión, además cada diámetro de la placa disminuye sucesivamente, para que cuando el aire circule dentro de este la velocidad del aire se incrementa de una etapa a la siguiente; succionando un flujo de aire de 28,3 L/ min-1 por medio de una bomba de vacío.

Una vez recolectadas las partículas, las de mayor diámetro se acentúan en la etapa 1 (etapa superior), mientras que las de tamaños menores se depositan en las siguientes etapas dependiendo de su diámetro, a su vez estas impactan sobre la superficie de colecta de las siguientes etapas. Bajo cada placa se coloca una caja Petri con Agar, en cuya superficie se desarrollarán las partículas viables. (Wang W. M., 2010). El caudal de aire fue calibrado previamente a la toma de muestra por medio de un rotámetro Dwyer modelo RMB-53-SSV.(Carvajal, 2016)



**Figura 6.** *Impactador de Cascada de Seis Etapas- Andersen.*

**Fuente:** *Thermo Fisher Scientific Inc., 2007.*

**6.3.1.2 Materiales y Preparación para la toma de muestra.** La toma de las muestras en campo requirió a parte del equipo, la preparación de materiales, los cuales serían utilizados dentro del mismo, por lo que se requirió la preparación de agares, donde las partículas viables, impactarían.

Para el objeto de estudio se preparó Agar Saboreaud con dextrosa al (2%), medio ideal para el desarrollo y conteo de los fungis. Su preparación consta de agregar 65gr por un litro de agua destilada, este se disuelve en beaker y se lleva a una plancha donde se calienta hasta hervir,



## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

cabe resaltar que se le adiciona agitadores magnéticos para que el medio no se sedimente. Luego de haber hervido, este se sirve en botellas de vidrio con tapa para ser llevadas a esterilización, donde en la autoclave alcanzarían una temperatura de 121°C durante 15 minutos, este debe tener un pH final de 5,6. (Merck, 2016). Posterior a la preparación del medio y su enfriamiento se sirven 30 ml del mismo en cada caja Petri, estas deben estar esterilizadas, y servidas en una cabina de flujo laminar previamente desinfectada, se dejan enfriar hasta que esta esté sólida y se guardan para ser llevadas al monitoreo.



**Figura 7.** Preparación de los Materiales para el Monitoreo.

**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

## 6.4. Análisis de muestras

**6.4.1. Cuantificación e identificación de las muestras.** Para la cuantificación e identificación de las muestras, estas luego de ser recolectadas durante el monitoreo, fueron llevadas a incubar al Centro de Investigaciones Tecnológicas Ambientales CITA de la Universidad de la Costa CUC, donde a una temperatura de 25°C para fungís durante 5 días.

Una vez finalizado el periodo de incubación, se contaron las colonias y se realizó una caracterización macroscópica y microscópica. Una vez contadas se separa por colonias encontradas y se aísla cada una. Pasado el tiempo de incubación de las colonias aisladas, se procedió a realizar la tinción de Azul de Lactofenol, lo cual nos permitió conocer el género Fungí presente.



**Figura 8.** *Cuantificación de las Muestras Recolectadas*

**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

**6.4.2. Determinación de la Concentración de las Muestras.** La determinación de las concentraciones de las muestras requirió del conteo de las colonias, en función de unidades formadoras de colonia por metro cúbico (UFC) del aire muestreado por un lapso de tiempo determinado, por lo cual se aplicó la ecuación:

$$\text{Concentraci\`on de bioaerosoles} \left( \frac{UFC}{m^3} \right) = \frac{\#colonias \times 1000}{Q \times t} \text{ EC. 1.}$$

Donde, # colonias representa las unidades contadas por placa, 1000 es el factor de conversi3n de unidades, (Q) caudal de aire que ingresa al impactador (28,3 L/min) y (t) el tiempo de colecta de los bioaerosoles fung3s (5 minutos).

## 6.5. An3lisis de los resultados de las muestras de los Bioaerosoles Fung3.

**6.5.1. An3lisis e Interpretaci3n de los datos.** Para la interpretaci3n y an3lisis de los resultados del proyecto fueron sistematizados en una tabla din3mica de Excel por cada campaa, estaci3n, jornada, replica, microorganismo y concentraci3n de los bioaerosoles fung3s. Los resultados fueron analizados por gr3ficos, con el prop3sito de determinar las variaciones de concentraciones en las diferentes estaciones de monitoreo.

**6.5.2. Distribuci3n Espacio-Temporal de Bioaerosoles Fung3s.** El comportamiento espacio-temporal de los bioaerosoles fung3s se realiz3 por el programa Golden Surfer 11, por medio de mapas de isoconcentraci3n, con el fin de observar las concentraciones en distintas isol3neas y poder detallar las zonas con mayor o menor concentraci3n en una determinada por 3poca (Seca y lluviosa).

## 6.6. Estimaci3n a la exposici3n y riesgo laboral a los agentes Biol3gicos

La estimaci3n a la exposici3n y riesgo laboral frente a agentes biol3gicos, se adopt3 la metodolog3a planteada por la “*Gu3a T3cnica para el An3lisis de Exposici3n a Factores de Riesgo Ocupacional para el Proceso de Evaluaci3n en la Calificaci3n de Origen de Enfermedad*”(Ministerio de la Protecci3n Social & Strauss, 2011), la cual sugiere como metodolog3a los lineamientos del INVASSAT Manual pr3ctico para la evaluaci3n del riesgo

biológico en actividades laborales diversas - BIOGAVAL(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013), esta considera actividades donde los trabajadores están expuestos a agentes biológicos (presencia de microorganismos) en las áreas de eliminación de residuos.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), propone adicional al método del BIOGAVAL, el método de la NTP 833 (Hernández Calleja, 2009) donde la evaluación es más simplificada, y considera también lugares de trabajo en eliminación de residuos, y así en conjunto de complementación una de la otra se aplican ambas metodologías para lograr una estimación a los agentes biológicos más concreto.

### **6.7. Metodología Biogaval.**

La metodología BIOGAVAL permitió evaluar el riesgo biológico en diversas actividades laborales sometidas a la exposición a distintos microorganismos (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013). Para poder evaluar el riesgo desde esta metodología se deben considerar, puestos a evaluar, la identificación del agente biológico, cuantificación de variables de Riesgo para posteriormente poder proponer las medidas higiénicas, calcular el riesgo e interpretar el nivel de riesgo.

**6.7.1. Determinación del puesto a evaluar.** Para realizar la identificación del puesto a evaluar se conoció, como es la movilidad en el puesto de trabajo, si están sometidos a un riesgo como tal, condiciones de seguridad y la actividad realizada. Por otro lado, también el grado de exposición en cada una de las actividades que deben realizar dentro del área de trabajo. Todos estos son factores para considerar del puesto de trabajo.

**6.7.1.1 Identificación del agente Biológico.** En lo que respecta a la identificación del agente biológico se conoció detalladamente, las actividades en el área de estudio se llevan a cabo, como lo son las tareas, procedimiento, equipos de trabajo, grado de exposición y su estado de salud, con el fin de evidenciar los elementos peligrosos existentes en el ambiente de trabajo.

Esta identificación, utiliza una modalidad simplificada de evaluación, la cuales se debe tener conocimiento de las diversas actividades durante los procesos que se realizan en el puesto de trabajo y que estos a su vez, estos generen los microorganismos a los que están expuesto, de otro modo al esto no tener presencia de estos, no se debe utilizar porque implicaría realizar una evaluación con pérdida de información.

Posteriormente al tener información que indica que la actividad está colocando al trabajador a una exposición por un agente biológico se debe tomar como referencia un microorganismo centinela, el cual indicara que en la actividad hay presencia de estos agentes y que este puede traer una representación del daño más frecuente capaz de originar (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013), sin embargo para que este sea considerado se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- ✓ Estar habitualmente presente en la actividad que se está evaluando.
- ✓ Transmitirse por vía aérea o pertenecer a los grupos 3 o 4 de clasificación de microorganismos, según el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo o en aquellos sectores donde no existan microorganismos que cumplan los criterios anteriores, se adoptarán los que aporten mayor peligrosidad, es decir microorganismos del grupo 2.
- ✓ Que la adopción de medidas higiénicas, reduzca su nivel de riesgo biológico (R) en la actividad considerada por debajo del límite de exposición biológica (LEB = 17), es decir,  $R < 17$

Si cumple con los requisitos anteriores, en el BIOGAVAL, presenta una lista los cuales consideran microorganismos centinela, para cada actividad laboral.

**6.7.1.2 Cuantificación de las variables de riesgo.** Establecer las variables de riesgo, permito el análisis de como este agente biológico está causando repercusiones en el trabajador de una u otra forma por lo que se debe considerar, clasificación del daño, vías de transmisión, tasa de incidencia, vacunación y la frecuencia a la realización de tareas de riesgo.

**6.7.1.3 Clasificación del Daño.** La clasificación del daño que puede causar cada agente biológico, se tomó en cuenta el número de días de ausencia que supondría padecer la enfermedad (tabla 3), así como la posibilidad o no de que ésta deje secuelas, siguiendo un tratamiento adecuado. (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)

**Tabla 2.**

*Puntuación según la clasificación del daño.*

Secuelas	Daño	Puntuación
Sin secuelas	I.T. menor de 30 días	1
	I.T. mayor de 30 días	2
Con secuelas	I.T. menor de 30 días	3
	I.T. mayor de 30 días	4
	Fallecimiento	5

**Fuente:** Llorca, et. al., 2013.

**6.7.1.4 Vía de Transmisión.** Las vías de transmisión cualquier mecanismo en virtud del cual un agente infeccioso se propaga de una fuente o reservorio a una persona, por lo que se considera unas puntuaciones dependiendo de cómo este se transmita. Sin embargo, el BIOGAVAL a las vías de transmisión aérea les asigna una puntuación mayor por lo que resulta más fácil el contagio, por lo que consideran que:

- ✓ **Transmisión Directa:** refiere a la transmisión por contacto directo como al tocar, morder, besar o tener relaciones sexuales, o por proyección directa, por diseminación de gotitas en las conjuntivas o en las membranas mucosas de los ojos, la nariz o la boca, al estornudar, toser, escupir, cantar o hablar.
- ✓ **Transmisión indirecta:** esta es transmitida mediante vehículos en tránsito, ropa sucia, utensilios de cocina, instrumentos quirúrgicos o apósitos, agua, alimentos, productos biológicos inclusive sangre, tejidos u órganos. El agente puede o no haberse multiplicado o desarrollado en el vehículo antes de ser transmitido.(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)
- ✓ **Transmisión aérea:** Es la diseminación de aerosoles microbianos transportados hacia una vía de entrada adecuada, por lo regular la inhaladora.(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013), por lo que estos agentes, están constituidos por partículas que pueden permanecer en el aire suspendido largos periodos de tiempo. Se considera todas aquellas partículas, de 1 a 5 micras, las cuales son fácil de que penetran fácilmente en los alvéolos pulmonares.

Consecuente al identificar la vía de transmisión, estas para poder evaluarse se debe considerar la tabla 4, la cual tiene la puntuación para cada vía.

**Tabla 3.***Puntuación según las vías de transmisión*

Vía de transmisión	Puntuación
Indirecta	1
Directa	1
Aérea	3

**Fuente:** Llorca, et. al., 2013

**6.7.1.5 Tasa de Incidencia del año anterior.** La tasa de incidencia del año anterior, hace referencia a los datos de gran importancia con respecto a una enfermedad, por lo cual este se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{**Tasa de Incidencia**} = \frac{\text{Casos nuevos en el periodo considerado}}{\text{Población expuesta}} \times 100.000 \quad \text{EC. 2.}$$

Para calcular la puntuación aplicable según el método propuesto, en función del índice de incidencia debe utilizarse la siguiente tabla:

**Tabla 4.***Puntuación según la Tasa de Incidencia/ habitante.*

Incidencia / 100.000 Habitantes	Puntuación
< 1	1
1 – 9	2
10 – 99	3
100 – 999	4
≥ 1000	5

**Fuente:** Llorca, et. al., 2013



**6.7.1.6 Vacunación.** Para la vacunación se estima el número de trabajadores expuestos que se encuentran vacunados, siempre que exista vacuna para el agente biológico en cuestión, pero en caso tal no exista una vacuna eficaz, este se calcula con el porcentaje de trabajadores protegido y se aplica la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Puntuación según el porcentaje de vacunación.*

Vacunación	Puntuación
Vacunados más del 90%	1
Vacunados entre el 70 y el 90%	2
Vacunados entre el 50 y el 69%	3
Vacunados menos del 50%	4
No existe vacunación	5

*Fuente: Llorca, et. al., 2013*

**6.7.1.7 Frecuencia de Realización de Tareas de Riesgo.** La frecuencia para la realización de tareas, es un factor que ayudo a evaluar el contacto y tiempo de exposición del trabajador, por lo que se calculó un porcentaje de tiempo al tiempo en contacto con agentes biológicos, considerando aspectos como: el tiempo empleado en descansos, tareas administrativas, tiempo para el aseo, procedimientos que no impliquen riesgo de exposición, entre otros.

Una vez realizado este cálculo se comparó con la tabla siguiente para conocer el nivel de riesgo.

**Tabla 6**

*Puntuación para la frecuencia de exposición.*

Porcentaje	Puntuación
<b>Raramente: &lt; 20 % del tiempo</b>	1
<b>Ocasionalmente: 20 - 40 % del tiempo</b>	2
<b>Frecuentemente: 41 - 60 % del tiempo</b>	3
<b>Muy frecuentemente: 61 - 80 % del tiempo</b>	4
<b>Habitualmente &gt; 80 % del tiempo</b>	5

**Fuente:** Llorca, et. al., 2013

**6.7.1.8 Medidas Higiénicas Adoptadas.** Para evaluar las medidas higiénicas adoptadas se procedió a la aplicación de una encuesta, formulada por el BIOGAVAL, (ver anexo I. Encuesta de medidas higiénicas adoptadas), a la cual se realizó a una muestra de 40 trabajadores, de una población de 50 trabajadores en el objeto de estudio de esta investigación, con el objetivo de conocer qué medidas se aplican en esta actividad, también se consideró un observatorio directo y recabando información de los trabajadores evaluados, así como de sus supervisores y administrativo. Para su cuantificación se han tenido en cuenta las siguientes consideras:

- Se consideran solo las respuestas aplicables.
- Determinación de la puntuación de las respuestas afirmativas resultantes.
- El cálculo del porcentaje por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Respuestas Afirmativas}}{\text{Respuestas Afirmativas} + \text{Respuestas Negativas}} \times 100 \quad \text{EC. 3.}$$

En función del porcentaje obtenido, se aplican los siguientes coeficientes de disminución del riesgo a cada agente biológico, según los valores asignados en la tabla siguiente:

**Tabla 7**

*Puntuación para resultado de las medidas higiénicas adoptadas*

Respuestas afirmativas	Puntuación
< 50 %	0
50 - 79 %	-1
80 - 95 %	-2
> 95 %	-3

**Fuente:** Llorca, et. al., 2013.

**6.7.1.9 Cálculo del Nivel de Riesgo (R).** Para el cálculo del nivel de riesgo se debe realizar la siguiente ecuación, teniendo en cuenta que:

**R** = Nivel de riesgo.

**D** = Daño tras su minoración con el valor obtenido de las medidas higiénicas.

**V** = Vacunación.

**T** = Vía de transmisión (habiendo restado el valor de las medidas higiénicas).

**I** = Tasa de incidencia.

**F** = Frecuencia de realización de tareas de riesgo.

$$R = (D \times V) + T + I + F$$

Puesto que las variables DAÑO y VACUNACIÓN se encuentran íntimamente relacionadas, ya que si se aumenta la tasa de vacunación disminuirá el daño e inversamente, estos factores se presentan en la expresión en forma de producto, apareciendo el resto como una suma.(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013).

**6.7.1.10 Interpretación de los niveles de riesgo biológico.** La interpretación de los niveles de Riesgo Biológico, a partir del cálculo anterior, el BIOGAVAL (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013), valida las diferentes actividades referenciándose del Decreto Real 664/ 1977, el cual permitió que el método dispone para evaluar la exposición a riesgo biológico.

Se analizaron los niveles de riesgo de la siguiente manera:

✓ **Nivel de acción biológica (NAB):** es aquel valor que permite tomar medidas de tipo preventivo, para intentar disminuir la exposición, aunque la situación no plantee un riesgo. Sin embargo, aunque no se considere peligroso, esta exposición para los trabajadores, constituye una situación de mejora

✓ **El límite de exposición biológica (LEB):**es aquel que en ningún caso y bajo ninguna circunstancia debe superarse, ya que supone un peligro para la salud de los trabajadores y representa un riesgo intolerable que requiere acciones correctoras inmediatas.(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013).

Dependiendo del agente biológico, al que están expuestos los trabajadores, el nivel de riesgo será más o menos elevado. Para este grupo de trabajos o actividades, se aplica todas las medidas preventivas, para no aumentar el valor de la exposición, debiendo ser, en los casos en los que el nivel de riesgo se aproxime a este límite, más rigurosos en su aplicación.

**Tabla 8.***Valores estimados según los niveles de riesgo*

<b>Niveles de riesgo</b>	<b>Valores estimados</b>
<b>Nivel de acción biológica (NAB)</b>	<b>(12)</b> Valores superiores requieren la adopción de medidas preventivas para reducir la exposición.
<b>Límite de exposición biológica (LEB)</b>	<b>(17)</b> Valores superiores representan situaciones de riesgo intolerable que requieren acciones correctoras inmediatas.

*Fuente: Llorca, et. al., 2013*

De igual forma, esta metodología presentada anteriormente, se puede complementar con la adopción que presenta la norma NTP 833 (Hernández Calleja, 2009), la cual permitirá establecer una valoración cualitativa a la que están expuestos los trabajadores, teniendo en cuenta que de una u otra forma trabaja como el Biogaval (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013) sin valores límites existentes para una exposición a un riesgo biológico.

### **6.8. Metodología NTP (Norma Técnica de Prevención) 833.**

La Norma Técnica de Prevención (NTP) 833, es conocida como la evaluación simplificada para evaluar los agentes biológicos, esta busca soluciones sencillas para el control de las exposiciones a estos agentes contaminantes en el lugar de trabajo. (Hernández Calleja, 2009). Esta metodología es complementaria a la evaluación higiénica tradicional, complementa la metodología del Biogaval y también se acopla a lo que establece el (664, Real Decreto, 1997), en los artículos 3, 4, y 15 y los anexos que presenta este mismo decreto. Esta evaluación

simplificada, Surge como una necesidad de proporcionar herramientas para la evaluación de riesgos en situaciones en las que no están establecidos los valores límite de exposición. La metodología, evalúa los riesgos de las actividades en las que no existe una intención deliberada de trabajar con agentes biológicos y a su vez pretende analizar el peligro al que estos agentes biológicos ponen al trabajador debido a la exposición, por lo cual ayuda a establecer niveles de riesgos potencial, pretendiendo indicar tanto la urgencia en la actuación como la magnitud y grado de exigencia en el cumplimiento de las acciones preventivas asociadas. (Hernández Calleja, 2009).

**6.8.1 Bioaerosol a evaluar.** El Bioaerosol a evaluar, fue escogido por lo que indica esta norma técnica presentada anteriormente, la cual estipula los microorganismos según se encuentra clasificados en unos grupos de riesgos, como se muestra en la lista de clasificación agentes biológicos expuesta en el anexo II del Decreto 667 de 1997.

**6.8.2 Determinación del nivel de riesgo potencial.** En esta evaluación simplificada, obtiene su nivel de riesgo a partir de dos variables, las cuales son la exposición y las consecuencias a las que pueden sufrir un trabajador.

Para la variable de exposición, se debe eliminar el factor de la incertidumbre, por lo que se analizan tres factores: La generación de aerosoles., la frecuencia de contacto y las cantidades manejadas, (Hernández Calleja, 2009); teniendo en cuenta el referente anterior, la exposición se va a considerar de la siguiente manera:

**Tabla 9.***Niveles de Exposición*

<b>Baja</b>			
<b>Generación de Bioaerosoles</b>	✓ Escasa	✓ Laboratorios de análisis clínicos.	
	✓ Moderada pero Esporádica.	✓ Trabajos de investigación. ✓ Clínicas veterinarias.	
<b>Frecuencia de Contacto</b>	< 20% jornada	✓ Industria alimentaria y biotecnológica.	
<b>Cantidad Manejada</b>	Pequeña		
<b>Media</b>			
<b>Generación de Bioaerosoles</b>	✓ Moderada pero discontinua.	✓ Limpieza sistemas ventilación. ✓ Manejo de animales y/o sus productos.	
	✓ Elevada pero esporádica.	✓ Sustituciones materiales humedecidas.	
<b>Frecuencia de Contacto</b>	< 75% jornada	✓ Asistencia sanitaria.	
<b>Cantidad Manejada</b>	Media	✓ Industria biotecnológica. ✓ Tareas agrícolas.	
<b>Alta</b>			
<b>Generación de Bioaerosoles</b>	✓ Moderada pero continua.	✓ Selección residuos urbanos. ✓ Tratamiento aguas residuales.	

---

	✓ Elevada.	✓ Asistencia sanitaria.
<b>Frecuencia de</b>	> 75% jornada	✓ Asistentes sociales- Fuerzas de
<b>Contacto</b>		Seguridad.
<b>Cantidad Manejada</b>	Grande	

---

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009)

Es importante, identificar las categorías relativas que presenta los niveles de riesgo potencial, por lo que guiara en la evaluación a que se considere agente contaminante. Teniendo claro se realiza el cruce de las variables de exposición con las consecuencias. Estas consecuencias corresponden a los grupos sé que encuentran establecidos en el Real Decreto 664/97 para la clasificación de los agentes biológicos según el riesgo de infección que suponen. (Hernández Calleja, 2009).

**Tabla 10.**

*Cruce de variables exposición - consecuencia.*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>BAJA</b>				
<b>MEDIA</b>				
<b>ALTA</b>				

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009)

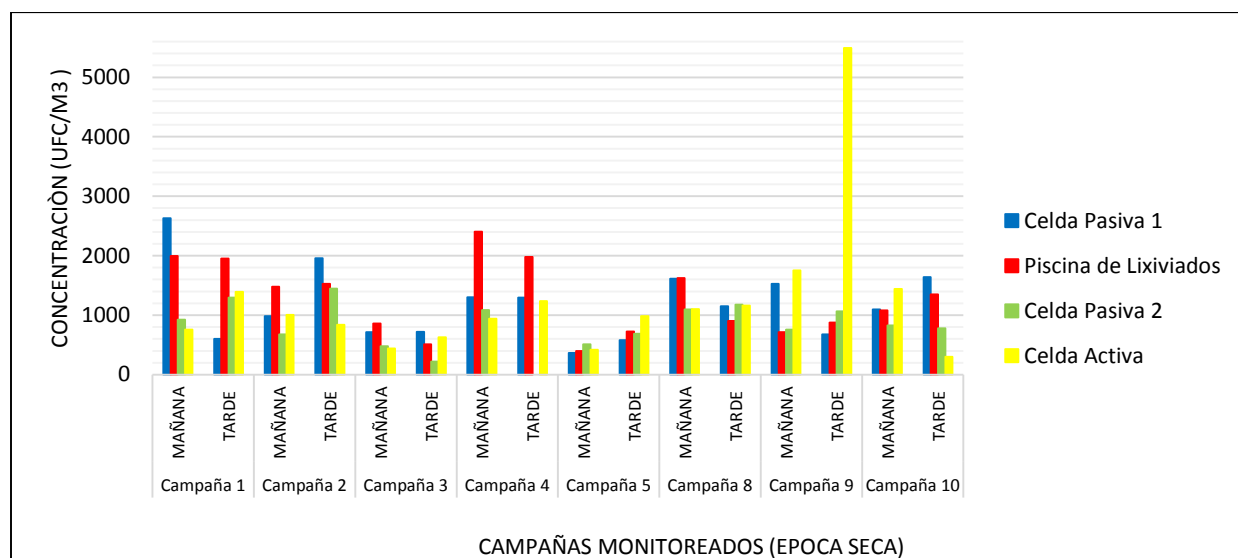


## **7. Resultados y discusiones**

### **7.1. Distribución espacio temporal de los Bioaerosoles del reino Fungi en el sistema de disposición final de residuos sólidos.**

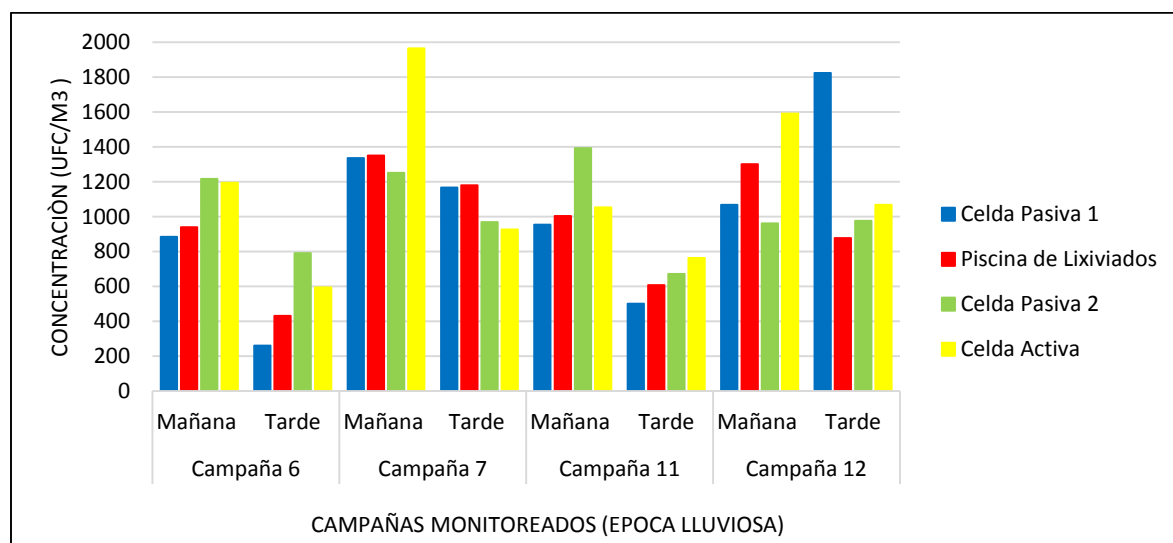
**7.1.1 Concentración de Bioaerosoles Fungi.** Basado en los resultados de la concentración en UFC/m<sup>3</sup> de los bioaerosoles fungi en las jornadas de muestreo durante un periodo de un año de duración del estudio se lograron cuantificar la concentración de bioaerosoles fungi emitidos desde las diversas etapas de tratamiento de los residuos sólidos en el relleno sanitario Parque Ambiental “Los Pocitos”, durante las épocas seca y lluviosa.

En el gráfico N° 1, se observa la concentración de los bioaerosoles fungi en las diferentes estaciones muestreadas dentro del relleno sanitario durante la época seca. La cual registra un valor superior de 5491,166 UFC/m<sup>3</sup> en la celda activa en la jornada de la tarde, a diferencia de las demás estaciones de muestreo que alcanzaron valores inferiores a 2628,97 UFC/m<sup>3</sup> en ambas jornadas de muestreo.



**Figura9.** Concentración de los bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición final de Residuos Sólidos durante la época seca

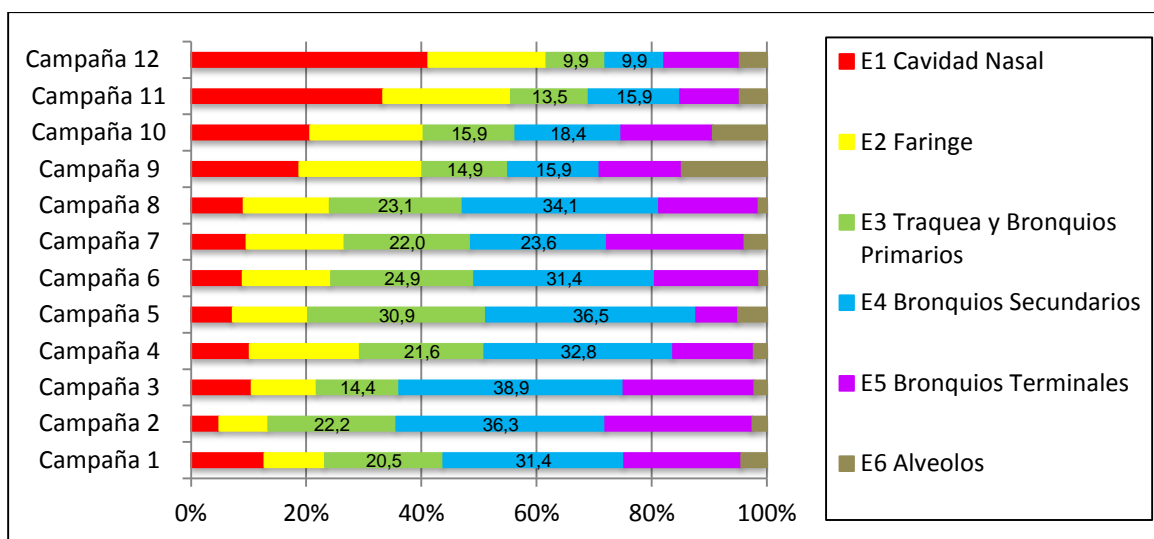
**Fuente:**(Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)



**Figura10.** Concentración de los bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición final de Residuos Sólidos durante la época lluviosa. **Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

En el gráfico N°2, la estación celda activa vuelve a predominar con la mayor concentración de bioaerosoles fungi, pero esta vez en la época lluviosa. Esta estación alcanzo el valor superior de 1964,664UFC/m<sup>3</sup>, sin embargo, el valor inferior no es muy alejado de este valor anterior registrando así 1823,321 UFC/m<sup>3</sup>, presentados en la celda pasiva 1.

El grafico N°3, representa el porcentaje de retención por cada etapa, por lo que se evidencia que en la etapa 3 y 4, las concentraciones mayores de los bioaerosoles fungi en un periodo de un año. Esto concuerda con lo postulado por la investigación de (ESCOBAR, 2006 ; Pérez-Trigo, M. ), en el cual hace referencia a que las infecciones respiratorias más comunes como el asma, alergias y la bronquitis las cuales son encontradas en estas etapas por lo que se encuentran entre la tráquea y bronquios. Sin embargo, haciendo énfasis en los resultados obtenidos, la campaña 3, fue la que registro mayor acumulación durante el año en la etapa 4 (Bronquios secundarios) con un valor de 38,9% y pertenece a la época seca, al igual que la campaña 5 que su mayor concentración fue en la etapa 3 (Tráquea y Bronquios Primarios), con valor de 30,9% en la misma época de la campaña antes mencionada. Cabe resaltar que según la estructura del impactador, estas corresponden a las partes del sistema respiratorio.

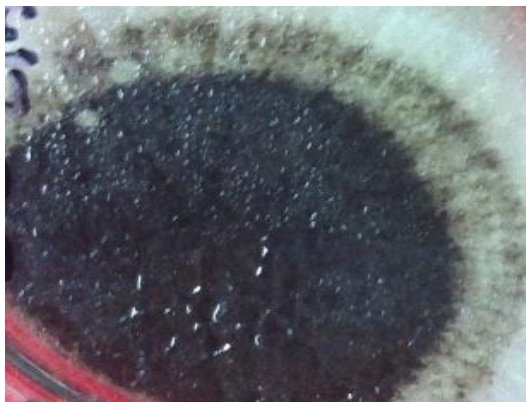


**Figura11.** Distribución porcentual de la concentración de bioaerosoles fungi por etapas del impactador.

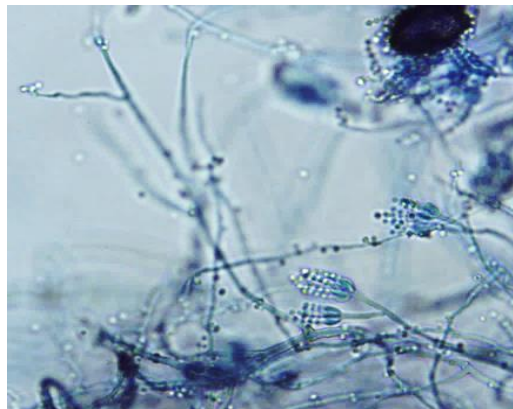
**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

## 7.2. Identificación de los Bioaerosoles Fungí.

En la gráfica N°4 y N°5, se evidencia los géneros que se presentaron en ambas épocas durante el periodo de monitoreo en el sistema de disposición final de residuos sólidos. Se presentaron géneros *Aspergillus sp*, *Fusarium sp*, *Penicillium sp*, *Cladosporium sp*, *Geotrichum*, *Rhizopus* y *Streptomyces sp*, sin embargo de estos géneros se identificaron las especies del *Aspergillus*, como lo son el *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus mucor*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus versicolor*, los cuales fueron las especies con el *Penicillium*, objeto de estudio para evaluar la exposición y el grado de riesgo a los que están posible los trabajadores del relleno sanitario, Cabe resaltar que estos géneros se identificaron luego de una caracterización macroscópica y microscopia.



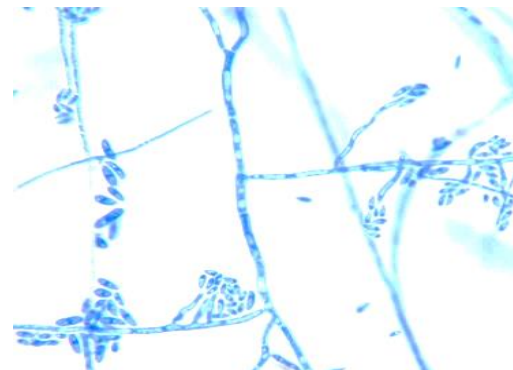
**Figura 12.**Especie Aspergillus Nidulans, foto macroscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



**Figura 13.**Especie Aspergillus Nidulans, foto microscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



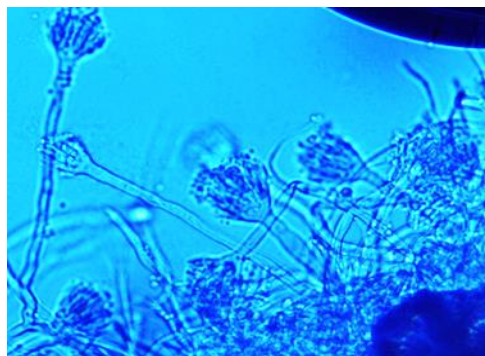
**Figura 14.** Genero Fusarium, foto macroscópica **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



**Figura 15.** Especie Fusarium, foto microscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



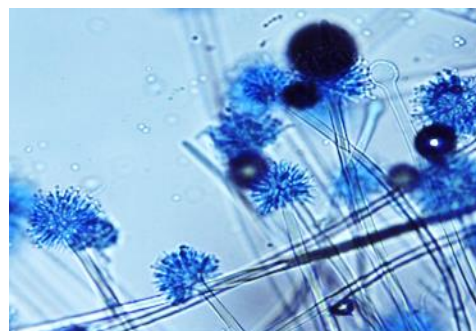
**Figura 16.** Genero *Penicillium* foto macroscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



**Figura 17.** Especie *Penicillium*, foto microscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



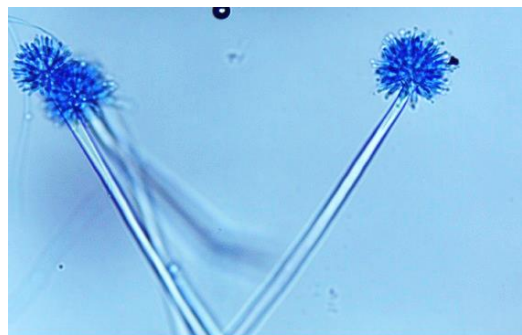
**Figura 18.** Genero *Aspergillus* *Fumigatus* foto macroscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



**Figura 19.** Especie *Aspergillus* *Fumigatus*, foto microscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)

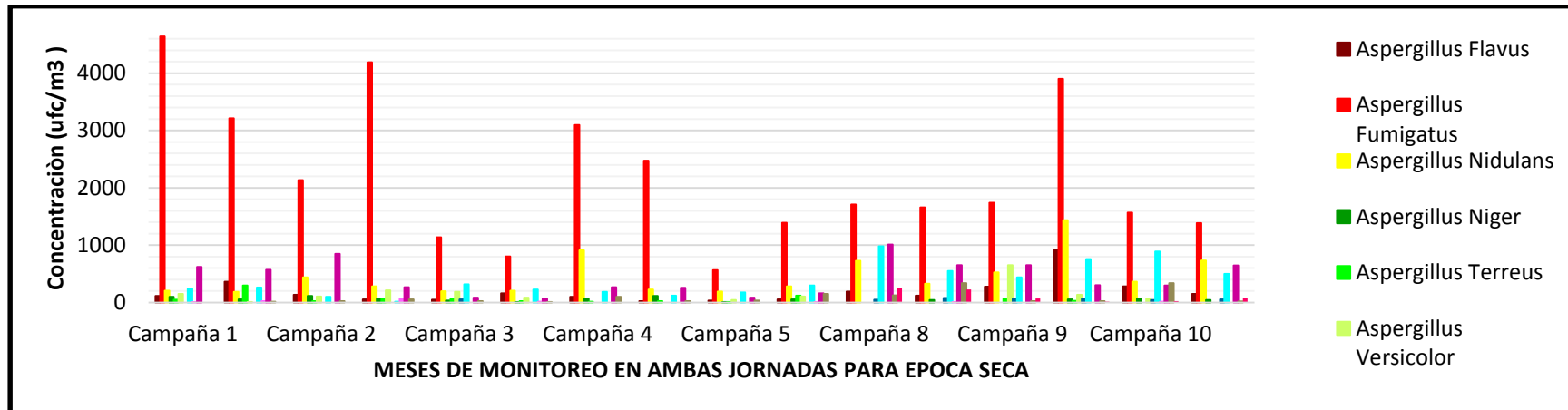


**Figura 20.** Genero *Aspergillus* *Verisicolor* foto macroscópica. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



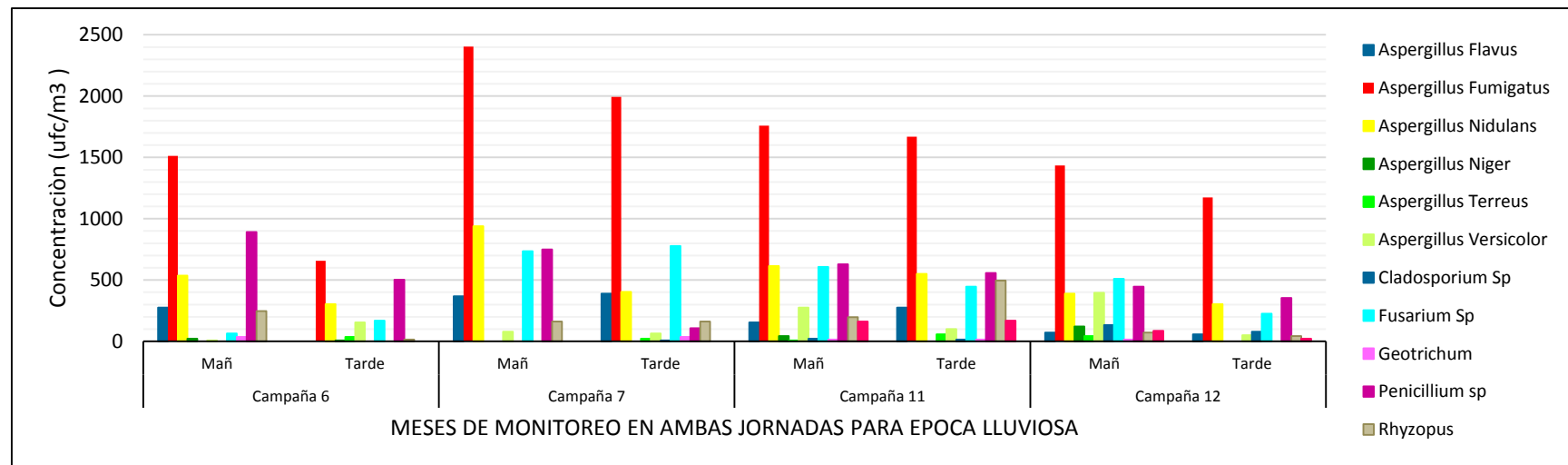
**Figura 21.** Especie *Aspergillus* *Verisicolor*, foto microscópica **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO



**Figura22.** Géneros de Bioaerosoles Fungi, presentados en el Sistema de Disposición Final de residuos Sólidos durante la época seca.

**Fuente:**(Mendoza H. M., López C. A., 2017)

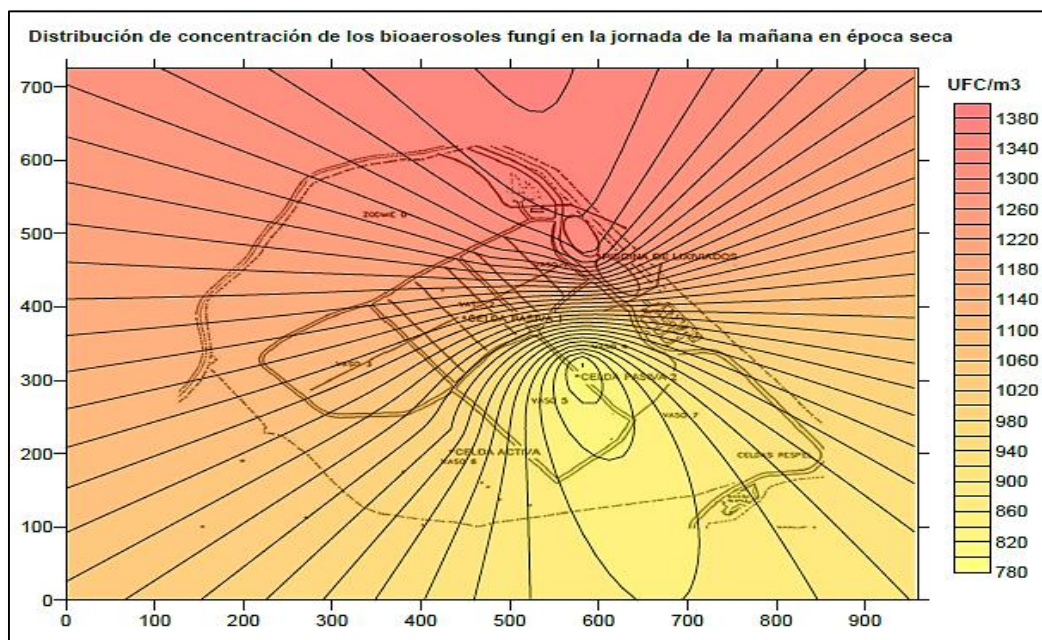


**Figura 23.** Géneros de Bioaerosoles Fungi, presentados en el Sistema de Disposición Final de residuos Sólidos durante la época lluviosa.

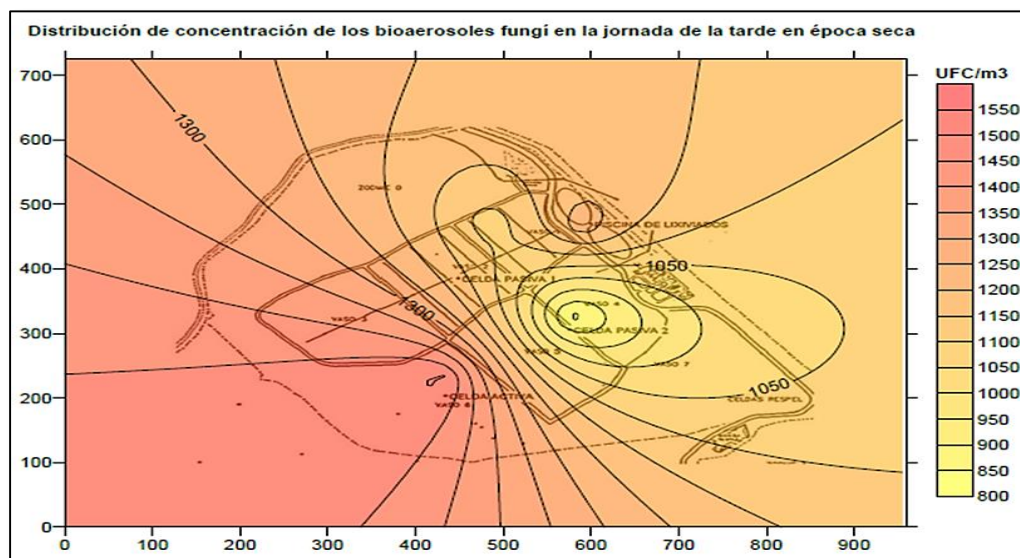
**Fuente:**(Mendoza H. M., López C. A., 2017)



### 7.3. Distribución espacio-temporal de la concentración de los Bioaerosoles Fungi.

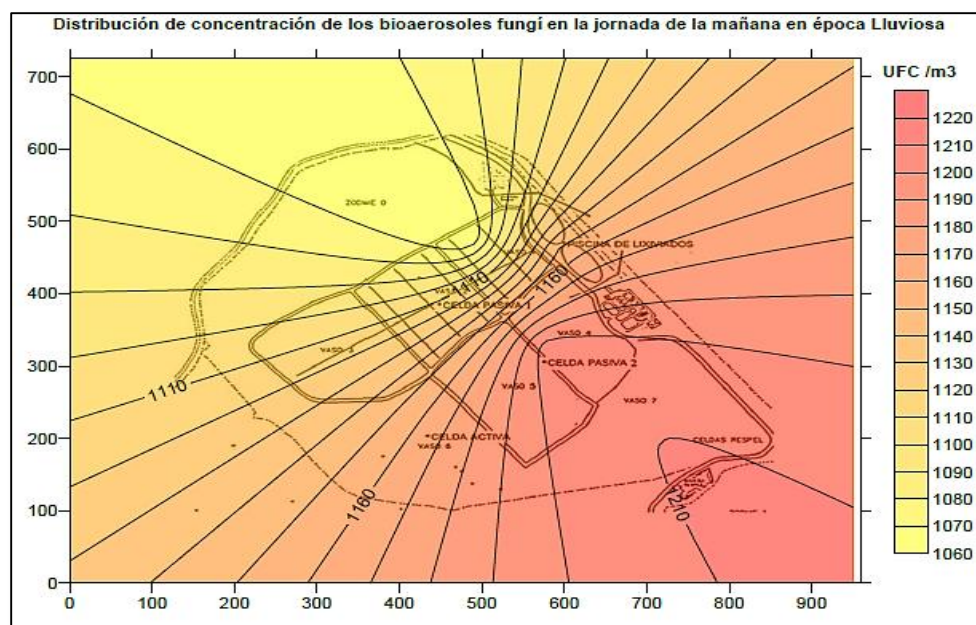


**Figura 24.** Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época seca jornada de la mañana. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)

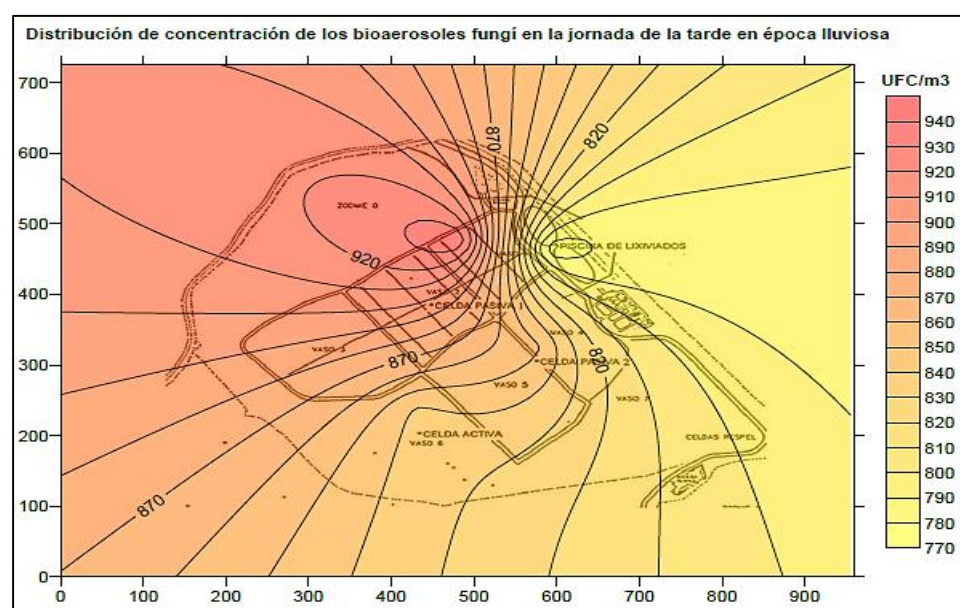


**Figura 25.** Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época seca jornada de la Tarde. **Fuente:**(Mendoza H. M., López C. A., 2017)





**Figura 26.** Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época lluviosa jornada de la mañana. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)



**Figura 27.** Distribución espacial de la Concentración de bioaerosoles fungi en las estaciones de muestreo del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos durante la época lluviosa jornada de la tarde. **Fuente:** (Mendoza H. M., López C. A., 2017)

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

Con referencia a los resultados anteriores los cuales surgen a partir del monitoreo que se realizó en el sistema de disposición final de residuos sólidos, donde la concentración de los bioaerosoles fungi depende de los factores ambientales que se presentan en el ambiente de trabajo, los cuales ayudan a regir su comportamiento y la viabilidad que estos mismos tienen para desplazarse y permanecer suspendidos en el aire. Seguidamente se evaluaron las concentraciones en diferentes épocas (seca y lluviosa) que se presentaron durante un año que duro el monitoreo. Este sistema de disposición final, cuenta con estaciones que corresponden a celda pasiva 1, piscina de lixiviados, celda pasiva 2, y celda activa. A partir de lo anterior, se realizó en campo la recolección de las muestras para conocer las diferentes concentraciones de los bioaerosoles fungi; este tipo de microorganismos suspendidos en el aire, en ambas épocas coincidieron con la concentración más elevada en la celda activa, pero en diferentes jornadas.

En la época seca, la concentración mayor fue registrada en la jornada de la tarde con un valor de 5491,166 UFC/m<sup>3</sup>, en la estación antes mencionada, y su valor inferior fue de 2628,97 UFC/m<sup>3</sup>. En cuanto a la época lluviosa se registra la mayor concentración en la jornada de la mañana con un valor de 1964,321 UFC/m<sup>3</sup>, en la misma estación como se resalta en el párrafo anterior, y un valor mínimo de 1823,321 UFC/m<sup>3</sup>. Esta diferencia de valores se puede atribuir a los factores ambientales que influyen sobre los bioaerosoles, debido a que diferentes estudios, afirman que, debido al aumento de la temperatura y la humedad, hay una mayor probabilidad de que los bioaerosoles se encuentren en elevadas concentraciones y, por ende, tengan más probabilidades de supervivencia. Aunque cabe resaltar que no se puede dejar a un lado que las actividades que se realizan dentro de cada estación, que permiten la dispersión de estos bioaerosoles en el aire.

Posteriormente luego de analizar las concentraciones, se miró cual fue el porcentaje de retención en el equipo (Impactador de cascada), que simula el sistema respiratorio en seis etapas; el cual nos dio los resultados que la mayor retención se presentan en las etapas 3 y 4, donde en la etapa 3, representa la (tráquea y bronquios primarios) del sistema respiratorio, y retuvo un 30,9% de los bioaerosoles fungi, mientras que en la etapa 4 (Bronquios secundarios), retuvo un 38,9% lo que es preocupante; teniendo en cuenta que la mayoría de enfermedades que se presentan en esta parte del sistema respiratorio, traen afecciones en la salud del ser humano de tipo alérgico y toxico (asma, rino-faringitis) y bronquitis. (Quintanilla Hernández, 2003).

A partir del análisis anterior, se requiere conocer cuáles son los bioaerosoles fungi que se encuentran en el ambiente del sistema de disposición final de residuos sólidos, por lo cual se establecieron que los géneros que predominaron fueron: *Aspergillus sp*, *Fusarium sp*, *Penicilliumsp*, *Cladosporiumsp*, *Geotrichum*, *Rhizopus* y *Streptomycessp*.

Al mismo tiempo de analizar las concentraciones presentadas, las etapas que más retuvieron bioaerosoles fungi, y los géneros predominantes, se realizó la distribución de estos bioaerosoles en lo que respecta a espacio- tiempo; por lo que se analiza por medio de las figuras números 9,10,11 y 12, donde se evidencia mediante isopleas, una mayor isoconcentración, la cual presenta su dispersión en la jornada de la mañana en la estación de piscina de lixiviados, y en la jornada de la tarde se presenta en la estación celda activa. Como se mencionó antes, esto se presenta por los factores ambientales y también por las actividades que ayudan a que estos se dispersen en cualquier dirección.

En ese sentido, los bioaerosoles fungi son microorganismos que es común encontrarlos en el ambiente de esta actividad económica, donde influye la degradación de la materia orgánica, que eleva las concentraciones de la biota microbiana; sin embargo, analizando

a fondo esto puede causar las afecciones anteriormente descritas, en especial a los trabajadores del sistema de disposición final de residuos sólidos y la población residente en el área de influencia.

#### **7.4.Evaluación de la exposición laboral y su grado de riesgo asociado al comportamiento de los bioaerosoles del reino fungí dentro del sistema de disposición final de residuos sólidos.**

##### **7.4.1. Método BIOAGAVAL**

**7.4.1.1 Determinación de los puestos a evaluar.** Los puestos de trabajo a evaluar serían aquellos identificados dentro de la evaluación inicial de riesgos laborales, con posible exposición a los bioaerosoles generados de forma no deliberada por las actividades desarrolladas en el sistema de disposición final de residuos.

Para realizar la evaluación, se consideran dentro de un mismo puesto aquellos trabajadores cuya asignación de tareas y entorno de trabajo determinan una elevada homogeneidad respecto a los riesgos existentes, al grado de exposición y a la gravedad de las consecuencias de un posible daño.

En ese sentido, se evaluará la exposición y el grado de riesgo biológico en los puestos de trabajo del área operativa y administrativa tal y como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 1.***Puestos de trabajo a evaluar.*

<b>Puestos a evaluar</b>				
<b>Área</b>	<b>Cargo</b>	<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Horario</b>	<b>Días</b>
			<b>laboral</b>	<b>laborales</b>
<b>Operativa</b>	Operadores de máquinas diesel	Celda activa	12	5
	Operador	Piscina de lixiviados	12	5
	Operador logístico	Celda activa	12	5
	Técnico mecánico	Celda activa y pasiva	8	5
	Guardia de seguridad	Celda activa, pasiva y piscina de lixiviados	12	5
<b>Administrativa</b>	Supervisores	Celda activa, piscina de lixiviado	8	5
	Conductores	Todas las zonas	8	5

---

Obras civiles	de trabajo	8	5
---------------	------------	---	---

---

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)

---

**7.4.1.2 Identificación del agente biológico implicado.** Sabiendo que no se utiliza ni se manipula un agente biológico en el proceso laboral, pero puede estar infectando personas y liberarse al ambiente en el transcurso de la actividad laboral, mediante la caracterización ambiental de bioaerosoles fungi presentes en las áreas a estudiar dentro del sistema de disposición final de residuos; se identificaron como microorganismos centinelas aquellos que predominaron con mayor concentración a *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium sp*, los cuales también se encuentran clasificados en el grupo de riesgo número 2, tal y como se muestra en la lista de clasificación agentes biológicos expuesta en el anexo II del Real Decreto 667 de 1997 España, por el cual se establece la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. A pesar de que el género *Geotrichum*, también predominó en esta área de trabajo no se puede evaluar por lo que esta metodología no lo tiene en cuenta dentro de los microorganismos centinelas y tampoco aparece en ninguno del grupo de riesgo que expone el Decreto 667 de 1997.

Sin embargo, según el *Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas – BIOGAVAL*, para que un microorganismo pueda considerarse centinela tiene que cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos que se evidencia en la tabla N°12.

**Tabla 2***Criterios adoptados para la selección de microorganismos centinela bajo la metodología**Biogaval.*

<b>Criterio</b>	<b>Cumple</b>	<b>Observación</b>
Estar habitualmente presente en la actividad que se está evaluando.	SI	Los microorganismos seleccionados, se encuentran en la lista de clasificación de agentes biológicos del anexo II del Decreto 667 de 1997, Clasificación de los agentes biológicos.
Transmitirse por vía aérea o pertenecer a los grupos 3 ó 4 de clasificación de microorganismos.	SI	Estudios realizados en sistemas de disposición final de residuos sólidos (INSHT, 2014; Vélez, 2011) y plantas de tratamiento de aguas residuales (Sánchez-Monedero, 2006), han demostrado que estos microorganismos tienen incidencia en las actividades que se realizan con altas concentraciones en el medio ambiente dispersados por vía aérea.
Que la adopción de medidas higiénicas, reduzca su nivel de riesgo biológico (R) en la actividad considerada por debajo del límite de exposición biológica (LEB = 17), es decir, $R < 17$ .	SI	Se pueden tener en cuenta los contenidos explicativos de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo, editada por el INSHT o en su defecto las recomendaciones establecidas por la NTP 833 del INSTH.

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013; Morgado Gamero, 2017)

### 7.4.1.3 Cuantificación de las variables determinantes del riesgo.

**Clasificación del daño:** La tabla 3, presenta los datos de cuantificación del daño, según el Manual De Tiempos Óptimos De Incapacidad Laboral (ISS, 2011), el daño de las infecciones respiratorias agudas y la dermatitis atópica corresponde a incapacidad temporal menor de 30 días pero que puede tener secuela sobre el paciente.

**Tabla 3.**

*Clasificación del daño, según la metodología Biogaval.*

Microorganismo centinela	Manual de tiempos		Puntuación
	óptimos de incapacidad laboral	Daño	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	7 a 20 días	I.T. menor de 30 días, con secuela	3
Infecciones respiratorias, sinusitis aguda y crónica, bronquitis, faringitis, neumonitis por hipersensibilidad, entre otras.			
<i>Penicillium SP</i>	14 días	I.T. menor de 30 días, con secuela	3
Dermatitis Atópica, Urticaria Alérgica, entre otras.			

**Fuente:** (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013; Morgado Gamero, 2017)



**7.4.1.4 Vía de transmisión.** Por lo antes expuesto, la puntuación corresponde a la más alta, teniendo en cuenta la vía de transmisión de los bioaerosoles fungi *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium sp.*

**Tabla 4**

*Clasificación vía de transmisión, según la metodología Biogaval.*

Microorganismo centinela	Vía de transmisión	Puntuación
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aérea	3
<i>Penicillium sp</i>		

**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

**7.4.1.5 Tasa de incidencia del año anterior.** Se analizó el año comprendido desde el mes de abril de 2015 a mes de abril de 2016, que fue el tiempo de la caracterización ambiental asociada a los bioaerosoles en el sistema de disposición final de residuos, que cuenta con 33 trabajadores fijos en sus instalaciones.

Los datos para calcular la tasa de incidencia a las afecciones en la salud con respecto a dermatitis atópica y urticaria, se estableció el número de trabajadores incapacitados con esta sintomatología en relación con el número total de trabajadores; del mismo modo se analizó para las Infecciones respiratorias, sinusitis, bronquitis, faringitis, neumonitis por hipersensibilidad.

**Tabla 5**

*Clasificación tasa de incidencia en la población, según la metodología Biogaval.*

Enfermedades	Tasa de incidencia	Incidencia /	
		100.000 habitantes	Puntuación
Infecciones respiratorias, sinusitis aguda y crónica, bronquitis, faringitis, neumonitis por hipersensibilidad, entre otras.	16 datos de incapacidad	$\geq 1000$	5
Dermatitis Atópica, Urticaria Alérgica, entre otras.	4 datos de incapacidades	$\geq 1000$	5

**Fuente:** (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013; Morgado Gamero, 2017)

**7.4.1.6 Vacunación.** Las infecciones fúngicas se pueden asociar con situaciones tanto de deficiencia como de hiper-respuesta del sistema inmune, situaciones que están estrechamente relacionadas con dos tipos de defensa del huésped frente al patógeno: resistencia o tolerancia.

En ese sentido, los bioaerosoles en estudio *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium* sp, se han identificado diferentes tratamientos inmunológicos, de los cuales ninguno es completamente eficaz, por tanto, se obtiene la puntuación de 5 siguiendo la metodología del Biogaval (Caso de que no exista vacuna completamente eficaz, deberá calcularse el porcentaje de trabajadores que se encontrarían protegidos y se aplicaría la tabla anterior).

**Tabla 6***Vacunación en la población.*

<b>Vacunación</b>	<b>Puntuación</b>
Vacunados más del 90%.	1
Vacunados entre el 70% y el 90%.	2
Vacunados entre el 50% y el 69%.	3
Vacunados menos del 50%.	4
No existe vacunación.	5

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)

**7.4.1.7 Frecuencia de realización de las tareas de riesgos.** La jornada laboral para los trabajadores del área operativa, es de 12 horas con un tiempo de descanso de 1 hora sin que se produzca riesgo; por tanto, se obtiene una calificación de 5 puntos, teniendo en cuenta que más del 80% de su jornada laboral tiene contacto con los diferentes agentes biológicos (*Aspergillus fumigatus* y *Penicillium sp*).

**Tabla 7***Frecuencia de la realización de las tareas de riesgos, según la metodología Biogaval.*

<b>Porcentaje</b>	<b>Puntuación</b>
Raramente: <20% del tiempo	1
Ocasionalmente: 20-40% del tiempo	2

Frecuentemente: 41–60% del tiempo	3
Muy frecuénteme: 61–80% del tiempo	4
Habitualmente: >80% del tiempo	5

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)

**7.4.1.8 Medidas Higiénicas.**Después de realizar la encuesta en los trabajadores del área operativa recomendada por el Biogaval, se los resultados arrojaron un total de 85% de medidas afirmativas para una corrección de medidas higiénicas de -2.

**Tabla 8**

*Puntuación para resultado de las medidas higiénicas adoptadas según la metodología Biogaval.*

Respuestas afirmativas	Puntuación
<50%	0
50 – 79%	-1
80 - 95 %	-2
>95%	-3

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013)

**7.4.1.9 Cálculo del nivel de riesgo biológico (R).** Se realiza el cálculo del nivel de riesgo biológico, teniendo en cuenta las variables identificadas anteriormente para los microorganismos centinelas *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium sp*, con un factor de corrección de -2 por las medidas higiénicas.

**Tabla 9**

*Calculo del nivel de riesgo biológico, realizado en el sistema de disposición final de residuos.*

Microorganismo	D	D*	T	T*	I	V	F	R
<b>Centinela</b>								
<i>Aspergillus fumigatus</i>	3	1	3	1	5	5	5	<b>16</b>
<i>Penicillium sp</i>	3	1	3	1	5	5	5	<b>16</b>

**Fuente:**(Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013; Morgado Gamero, 2017)

Dónde:

**D** = Daño tras su minoración con el valor obtenido de las medidas higiénicas.

**D\***= Daño corregido

**T** = Vía de transmisión

**T\***= Vía de transmisión corregido

**I** = Tasa de incidencia

**V** = Vacunación.

**F** = Frecuencia de realización de tareas de riesgo

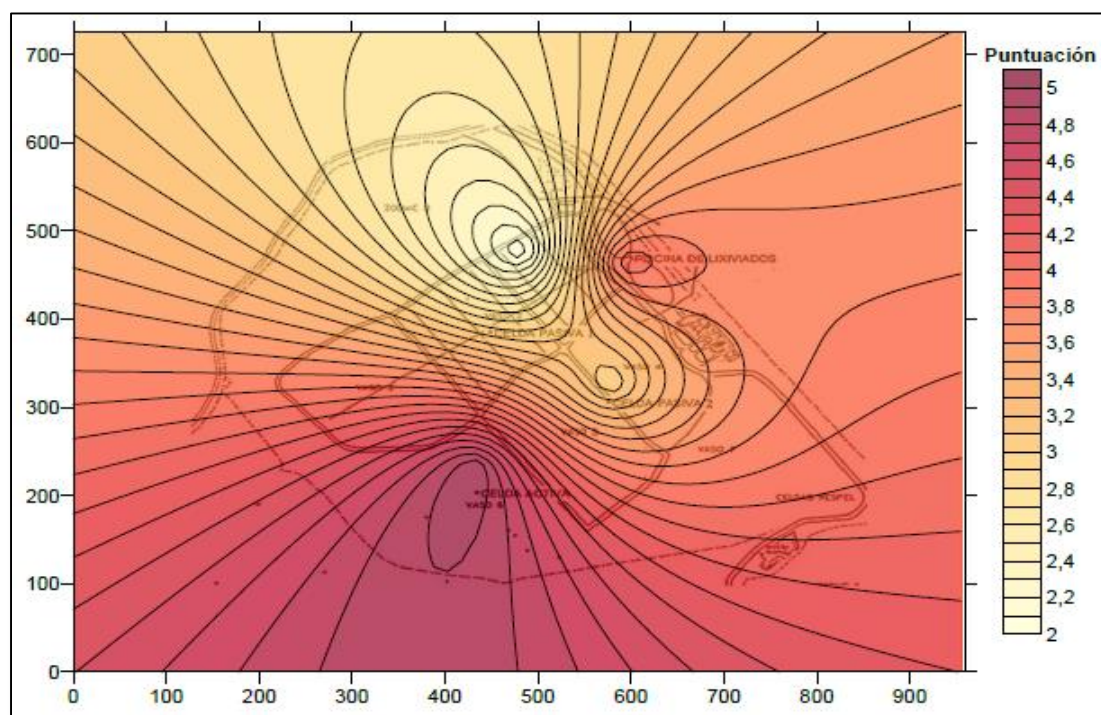
**R** = Nivel de riesgo.

**7.4.1.10 Interpretación de los niveles de riesgo.** El resultado de la valoración a los niveles de acción biológica (NAB), son de 12 puntos, por tanto, son preocupantes, pues evidencian que se requiere la adopción de medidas preventivas para reducir la exposición y el grado de riesgos asociados a esta, con el objeto de no llegar a situaciones donde la salud del trabajador sea vulnerable en obtener una enfermedad laboral, causándole un detrimento en su calidad de vida.

En ese sentido, estos resultados manifiestan una falta de percepción del riesgo biológico, debido a que no se cumple con las medidas de prevención y control, en relación a los controles administrativos y equipos de protección personal, dado que no se puede eliminar y sustituir el riesgo.

Por esta razón, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), necesita ser sometido a auditoría y revisión por la Alta Dirección, para enfocarla en el reconocimiento y aplicación de mecanismos para verificar el cumplimiento de la implementación del sistema de acuerdo con las actividades que se realizan en su actividad económica; el seguimiento y medición de la implementación adecuada a través de procesos de Auditoría, Revisión por la Alta Dirección y la Investigación de Incidentes, Accidentes de Trabajo y Enfermedades Laborales, permiten evidenciar las falencias y fortalezas durante la implementación del SGSST en las fases anteriores con el fin de establecer las acciones de mejora y preventiva correspondientes al proceso de mejora continua, para garantizar la puesta en marcha de acciones preventivas, correctivas o de mejora con base en los resultados de supervisión y medición de la eficacia del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

#### 7.4.1.11 Mapa de la Exposición y Grado de Riesgo a los Bioaerosoles.



**Figura 28.** Mapa de exposición y grado de riesgo asociados a los bioaerosoles en las áreas del Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos.

**Fuente:** (Mendoza H. M., Lopez C. A., 2017)

Teniendo en cuenta el mapa de frecuencia de realización de las tareas de riesgo en las diferentes estaciones, podemos establecer según la escala y el valor dado por el Biogaval (Llorca, Soto, Roberto, & Laborda, 2013) (Tabla 7.7), que la exposición a los bioaerosoles en la celda activa (parte operativa) tiene un mayor riesgo, en comparación a la celda pasiva 1; esto se debe al desarrollo de las tareas que frecuentan en esta área como la celda activa.

Están en una mayor exposición a los bioaerosoles, esto se debe a la actividad constante de maquinaria que requiere para la remoción de los residuos sólidos, así mismo el tiempo de

horas de trabajo que pasan en esta área. No obstante, la descarga de los residuos que llegan y la descomposición de la materia orgánica permiten que aumenten los niveles de concentración de los bioaerosoles, dando así una mayor exposición y riesgos a los trabajadores.

**7.4.2 Metodología NTP 833.** En esta evaluación simplificada, se obtiene un nivel de riesgo potencial que es función del cruce de dos variables, la exposición y las consecuencias que puede sufrir un trabajador expuesto a los bioaerosoles.

Por ello, la exposición se determina a partir del análisis de tres factores: la generación de aerosoles, la frecuencia de contacto y las cantidades manejadas.

**7.4.2.1 Bioaerosol fungi a evaluar.** Los bioaerosoles fungi a evaluar son el *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium sp*, por ser los dos que más predominaron a largo de los monitores de aire, durante 1 año dentro del sistema de disposición final de residuos sólidos.

Estos microorganismos se encuentran clasificados en el grupo de riesgo número 2, tal y como se muestra en la lista de clasificación agentes biológicos expuesta en el anexo II del Decreto 667 de 1997.

**Tabla 10**

*Resultados de la Clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo.*

Grupo de riesgo	Riesgo infeccioso	Riesgo de propagación	Profilaxis o tratamiento eficaz
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario



## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

<b>2</b>	Puede causar enfermedad.	Poco probable	Sí
	Puede suponer un peligro para los trabajadores		
<b>3</b>	Puede causar una enfermedad grave.	Probable	Sí
	Supone un serio peligro para los trabajadores		
<b>4</b>	Provocan una enfermedad grave.	Elevado	No conocido
	Suponen un serio peligro para los trabajadores.		en la actualidad

---

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009)

**7.4.2.2 Nivel de exposición.** El nivel de exposición de los trabajadores del área operativa del sistema de disposición final de residuos, tienen un nivel de exposición **Alto**, teniendo en cuenta que la generación de bioaerosoles es elevada, debido a la degradación de materia orgánica y dispersión en el aire; así mismo, la frecuencia de contacto del trabajador con los agentes biológicos es de 80% por las 12 horas laborales, de las cuales 1 hora es para descanso sin exposición.

**Tabla 11***Niveles de exposición.*

<b>Nivel De Exposición</b>	
<b>Baja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La generación de bioaerosoles es escasa o moderada pero esporádica.</li> <li>✓ La frecuencia de contacto es menor que el 20% de la jornada laboral o cuando se manejan pequeñas cantidades de materiales.</li> </ul>
<b>Media</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La generación de bioaerosoles es moderada y no continua o elevada pero esporádica.</li> <li>✓ La frecuencia de contacto no supera el 75% de la jornada.</li> <li>✓ cuando las cantidades de materiales manejados son medias.</li> </ul>
<b>Alta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La generación de bioaerosoles es elevada o moderada pero continua,</li> <li>✓ La frecuencia de contacto supera el 75% de la jornada o se manejan grandes cantidades de materiales.</li> </ul>

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009)

**7.4.2.3 Clasificación del nivel de riesgo potencial.** Como se indicó anteriormente, cada cruce entre el nivel de exposición probable y las consecuencias determina un nivel de riesgo potencial.

Por tanto, el nivel de riesgo potencial de los trabajadores del área operativa es de 3 puntos, lo que indica que las medidas asociadas deben ser tomadas con celeridad.

**Tabla 12***Resultados de la Clasificación nivel del riesgo potencial*

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>BAJA</b>	1	2	3	4
<b>MEDIA</b>	1	3	3	4
<b>ALTA</b>	1*	3	4	4

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009)

Establecer medidas de prevención de los riesgos relacionados con la exposición a los bioaerosoles fúngicos en los trabajadores del sistema de disposición final de residuos sólidos.

**7.4.2.4 Medidas preventivas asociadas a los niveles de riesgo potencial.** El nivel de riesgo a los cuales están expuesto los trabajadores del área operativa es de categoría 3, En este caso los agentes biológicos son categorizados en el grupo 2, por lo que se deberían tomar medidas de prevención con celeridad teniendo en cuanto el factor de riesgo, entre los cuales se encuentran las siguientes medidas:

**Tabla 13***Matriz de Medidas de Prevención.*

<b>Factor de Riesgo</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tiempo Estimado de Implementación</b>	<b>Personal Responsable</b>	<b>Medidas de Prevención</b>	<b>Metas</b>
<b>Actuar sobre el agente biológico</b>	Reducción de los	1 año	Coordinadora de SGSST y Gestión Ambiental.	✓ Controlar los parámetros que definen los requisitos vitales del agente biológico para su proliferación.	30%
	niveles de				
	agentes Biológicos				

<b>Actuar sobre las causas de la exposición cuando se estime necesario</b>	Cubrimiento del Sistema de Salud y Prevención	1 año	Coordinadora de SGSST y Gestión Ambiental.	✓	Modificar el proceso para minimizar la formación de bioaerosoles.	90%
				✓	Disponer y utilizar equipos, instrumentos y/o materiales de bioseguridad.	
				✓	Disponer de sistemas de extracción localizada.	
				✓	Disponer de sistemas de ventilación general independientes del resto de las instalaciones.	
				✓	Establecer programas de mantenimiento preventivo de todas las instalaciones.	
				✓	Implantar o mejorar los procedimientos de limpieza de las instalaciones, en especial cuando el contaminante presente.	
				✓	Establecer programas de desinfección de las instalaciones y de control de plagas.	

<b>Actuar sobre el trabajador</b>	Velar por la seguridad del trabajador	1 año	Coordinadora de SGSST y Gestión Ambiental.	✓ Establecer protocolos de vigilancia de la salud. Vacunación cuando esté disponible y sea eficaz.	90%
				✓ Adecuar los equipos de protección personal (EPP).	
				✓ Realizar el seguimiento del buen uso, mantenimiento y almacenamiento de los EPP.	
				✓ Reducir la exposición limitando el número de trabajadores o el tiempo de exposición, o aislando al trabajador.	

**Fuente:**(Hernández Calleja, 2009), Autores 2017.

## 8 Conclusiones y recomendaciones.

### 8.1. Conclusiones.

Para concluir, esta investigación permitió evaluar las concentraciones, distribuciones espacio-temporal, y la exposición laboral con su grado de riesgo con respecto a los bioaerosoles fungi en el sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos.

De acuerdo con los resultados de las concentraciones de los bioaerosoles fungi, la estación que registra un valor superior en ambas épocas fue la celda activa, puesto que en la época seca se registró un valor de 5491,166 UFC/m<sup>3</sup>, y en época lluviosa 2628,97 UFC/m<sup>3</sup>; al mismo tiempo, se clasificaron los géneros que se encontraron durante el año de monitoreo los cuales fueron: *Aspergillus sp*, *Fusarium sp*, *Penicillium sp*, *Cladosporium sp*, *Geotrichum*, *Rhizopus* y *Streptomyces sp*, sin embargo de estos géneros se identificaron las especies del *Aspergillus*, lo cuales fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus mucor*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus versicolor*.

Por otra parte, se analizó también, la retención en cada etapa del equipo impactador de cascada, donde se evidencio que las etapas 3 y 4 tráquea y bronquios primarios y bronquios secundarios respectivamente, fueron las que más retuvieron durante todo el año de monitoreo.

La distribución espacio- temporal de los bioaerosoles en las distintas estaciones, presento que esta se puede ver influenciada por factores ambientales, como condiciones meteorológicas, y adicional a eso las actividades que se realizan en cada estación lo que permita que este material se eleve sus concentraciones y su dispersión.

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

En cuanto a la evaluación de la exposición laboral y su grado de riesgo que puede causar los bioaerosoles, se tuvo en cuenta que las actividades desarrolladas dentro del sistema de disposición final de residuos sólidos, por lo que se concluyó que las actividades son sin intención deliberada, es decir que no manipulan el agente biológico directamente, por lo que se procedió a determinar la presencia de los bioaerosoles en el lugar de trabajo, lo cual fue comprobado que en este sistema de disposición final de residuos sólidos ubicado en el municipio de Tubará-Atlántico, si hay presencia de los bioaerosoles.

Con base a que, se confirmó la presencia de bioaerosoles en este lugar de trabajo, se procedió a analizar por metodologías aceptadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y la Guía Técnica Para el Análisis de Exposición a Factores de Riesgo Ocupacional para el Proceso de Evaluación en la Calificación de Origen de Enfermedad, donde proponen la metodología del Biogaval, para evaluar la exposición al riesgo biológico de forma muy específica, sin embargo también se implementó, una Norma Técnica de Prevención (NTP) 833, que complementa la metodología del Biogaval de una forma más simplificada por lo que evalúa la exposición con respecto a los bioaerosoles, por lo que se concluye que:

- ✓ El método Biogaval y NTP 833, es útil para evidenciar los puestos de trabajo con mayor riesgo a contraer afecciones en la salud de los trabajadores, por agentes microbiológicos.
- ✓ Evidencia los resultados como el riesgo a los bioaerosoles por diferentes vías de transmisión, en nuestro caso por inhalación, los cuales son un poco más difíciles de controlar, en relación a los de contacto directo (piel).
- ✓ Es importante el carnet de vacunación, por lo que este protegerá un poco el sistema inmune del trabajador.



## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

✓ Ayudo a detectar las falencias del sistema de seguridad y salud en el trabajo, y se propone medidas preventivas al riesgo biológico por los bioaerosoles que se genera de las actividades de intensión no deliberadas en el sistema de disposición final de residuos sólidos en el municipio de Tubará- Atlántico.

✓ Dentro de las medidas se sugiere el equipo de protección personal (EPP), que, aunque no son suficientes como medida definitiva, permitirá protección frente a los bioaerosoles.

✓ Los resultados evidencian que existe la necesidad de mejorar la formación e información de los trabajadores frente a la exposición y grado de riesgo a los bioaerosoles.

## **8.2. Recomendaciones.**

Para la evaluación de la exposición y grado de riesgo asociados a los bioaerosoles en el sistema de disposición final de residuos sólidos, primeramente, fortalecer el departamento de Gestión Ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo, por lo que dé hay se debe deliberar, la preocupación a esta exposición, para que sea este departamento el encargado de realizar monitoreos, vigilancia de la salud de los trabajadores y el cumplimiento de todo el sistema de seguridad que debe llevar siempre el trabajador.

Es conveniente evaluar los riesgos a la hora de elegir los equipos de trabajo, sustancias y compuestos químicos-biológicos, acondicionar adecuadamente los lugares de trabajo.

Es por ello, que se debe tener presente las siguientes recomendaciones:

1. Disminuir las horas hombres de los trabajadores del área operativa en las actividades donde existe mayor exposición a bioaerosoles (celda activa).

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

2. Fortalecer el Programa de Promoción y Prevención enfocándose sobre las normas de bioseguridad.
3. Seguimiento al cumplimiento de las normas de protección personal.
4. Informar, Educar y Comunicar a los trabajadores sobre riesgos biológicos.
5. Reportar de manera oportuna al departamento de SST (Seguridad, Salud en el Trabajo), los accidentes/incidentes biológicos para facilitar su investigación y estudio epidemiológico.
6. Evaluar la condición de salud de los trabajadores cada 6 meses, por el departamento de SST (Seguridad, Salud en el Trabajo).
7. Exigir el carnet de vacunación a todos los trabajadores que ingresan a laborar a la empresa, y regular la vigencia de cada una de las vacunas

Finalmente es recomendable como se mencionó antes la realización de los monitoreos, pero sería conveniente que no solo sea dentro del área de trabajo si no a los alrededores o zonas de influencia del sistema de disposición final de residuos sólidos, con el fin de verificar si los bioaerosoles generados en las actividades trascienden hacia el campo de salud pública que pudiera poner el riesgo la integridad de los habitantes del sector.

## 9. Referencias

- 664, Real Decreto. (1997). Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Ministerio de la Presidencia. BOE.
- 750: N. (2000). Evaluación del riesgo por exposición inhaladora de agentes Atmosféricas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
- Allergic disorders of the respiratory tract – endings from a large patient sample in the German statutory health insurance system. 2013 22(6), 366–73.
- Arrieta-Bernate, G. (2015). Situación y análisis de la disposición final de residuos en Colombia 2013-2014. *Congreso Internacional Disposición Final de Residuos y Perspectivas Ambientales*. “Prevención de la Generación de Residuos”. Bucaramanga.
- Ballester, S. M. (2005). El proyecto Emecas: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Revista Española de Salud Pública*.
- Baxi, S. (2016). Exposure and health effects of fungi on humans. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 396.
- Becerra, L. (2005). Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. *Épsilon* , 49-50.
- Bierman, J, Merk, H., Werhmann, W., Klimek, L. & Wasem, J. (2013). Allergic disorders of the respiratory tract – endings from a large patient sample in the German statutory health insurance system. 22(6), 366–73.
- Biermann, J. M. (2013). Allergic disorders of the respiratory tract—findings from a large patient sample in the German statutory health insurance system. *Allergo Journal*, 336-370 *de origen biológicos*. santa marta: unimagdalena.
- Campo, M. & González, E. (2016). Evaluación de bioaerosoles desde un relleno sanitario en el departamento del Atlántico. Universidad de la Costa, CUC. Tesis.
- Carvajal, C. A. (2016). Evaluación del comportamiento de aerobacterias en el corregimiento de Cuatro Bocas. Tubará, Atlántico. Atlántico: Universidad de la Costa, CUC, Tesis.
- Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise 2005 *Environmental Research* 101 11-17
- Chavarrías, M. (2014). *Eroski Consumer*. Obtenido de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2014/06/26/220114.php>
- Constitución Política de Colombia (1991).

- Cox, C. S., & Wathes, C. M. (1995). *"Bioaerosols Handbook"*. Lewis Publishers.
- De la Rosa, M. (2005). *El aire: hábitat y medio de transmisión* (Vol. 5). Observatorio Medio Ambiental.
- Escobar, D. R. (2006 ). caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en puente aranda bogota dc.
- Esposito, V. L. (2012). Morphology changes in human lung epithelial cells after exposure to diesel exhaust micron sub particles PM1.0 and pollen allergens. *Environ Pollut* .
- Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe, Arizona. U.S.A.2003*Aerobiologia* 201–211
- GTC 45. (2010). *Guía técnica colombiana. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*.ICONTEC Internacional.
- Guo X, Ding, W, Zhang, W, & Li, L. (2014). Reduction and characterization of bioaerosols in a wastewater treatment station via ventilation. *Journal of Environmental Sciences* , 1583.
- Gutiérrez, A. (2011). *Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional*. Colombia: Ministerio de la Protección Social.
- Harper, G. J. & Morton, J. D. (1952). Bacillus subtilis spores cabelled with radiophorus. *Journal of General Microbiology* , 7, 98.
- Harvard School of Public Health, B. M. (2000). Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico City . *Air Pollution and Human Health, México, D.F.*
- Heo, K. J., Kim, H. B., & Lee, B. U. (2014). Concentration of environmental fungal and bacterial bioaerosols during the monsoon season. *Journal of Aerosol Science* , 31-35.
- Hernández Calleja, A. (2009). NTP 833 Agentes biológicos. Evaluación simplificada.
- Hernández Rodríguez, R. (1997). El derecho a un medio ambiente sano como un derecho humano fundamental: Su protección jurídico penal. *Rev Derecho* , 2, 12-6.
- Heyman, D. (2005). *El control de las enfermedades trasmisibles*. . Asociación Estadounidense de Salud Pública.
- INSHT. (2006). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- INSHT. (2016). Seguridad y salud en el trabajo.*Instituto Nacional de Seguridad E HIGIENE EN El Trabajo* (86), 06-19.
- IZZEDDIN, N., Medina, L., & Rojas, T. (2011). Evaluación de bioaerosoles en ambientes de centros de salud de la ciudad de valencia Venezuela. 39.

- Jones, A. M., & Harrison, R. M. (2004). The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review. *Science of the Total Environment* , 151.
- Kaźmierczuk, M., & Bojanowicz-Bablok, A. (2014). Bioaerosol concentration in the air surrounding municipal solid waste landfill. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych-Environmental Protection and Natural Resource* , 17-20.
- Kummer, V., & Thiel, W. R. . (2008). Bioaerosols—sources and control measures. *International journal of hygiene and environmental health* , 299-302.
- Lacey, J. C. (1981). The aerobiology of conidial fung. *Biology of conidial fungi* . Londres : Academic Press.
- Lee, T. G. (2008). elationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes. *Indoor air* , 38-42.
- Ley 99, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (22 de Diciembre de 1993).
- Li, W., Ouyang, Z., Meng, X., & Wang, X. . (2006). Plant species composition in relation to green cover configuration and function of urban parks in Beijing, China. *Ecological Research* , 221-237.
- Li, Y., Yang, L., Meng, Q., Qiu, X. H., & Feng, Y. J. (2013). Emission Characteristics of Microbial Aerosols in a Municipal Sewage Treatment Plant in Xi'an, China.
- Lighthart, B. (2000). Mini-review of the concentration variations found inthe alfresco atmospheric bacterial populations. *Aerobiologia* , .
- Lindemann, J. & Uppel, C.1985Aerial dispersal of epiphitic bacteria over bean plants.*Applied Enviromental Microbiology* 50: 1229-1232. American Society of Microbiology, EE.UU.
- Lindow, S. y J. H. Leveau.2002Phyllosphere microbiology.*Current Opinion in Biotechnology* 13(3): 238-243.
- Llamazares, R., Esquivel, G., & Merino, L. (2013). Hongos levaduriformes de interés médico en ambientes de aserraderos. *XIX Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* . Argentina.
- Llorca, J., Soto, P., Roberto, G., & Laborda, R. B. (2013). Manual Práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas BIOGAVAL. España: Centro Territorial de Valencia del INVASSAT.
- Lundholm, M. &. (1980). Occupational symptoms among compost workers. *Journal of occupational medicine* .
- Lighthart, B. (2000). Mini-review of the concentration variations found inthe alfresco atmospheric bacterial populations. *Aerobiologia*.

- Ministerio de la Protección Social, C., & Strauss, A. M. (2011). guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). Reglamento Técnico. En *Título F Sistemas de Aseo Urbano*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Guía Ambiental para rellenos sanitario. Bogotá, D.C.
- Mitchell, C. S. (2007). Current state of the science: health effects and indoor environmental quality. *Environmental Health Perspectives*, 958-964.
- Rodríguez, S. S. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.
- Rodríguez, S., Sauri, M. R., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. M. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.
- Rodríguez, S., Sauri, M., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. *Ingeniería*, 19-29.
- Monedero, M. S. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos.
- Main, C. K. (2000). Particle release, data collection and analysis. . Bologna, Italy: Field Measurements in Aerobiology.
- Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: an analysis of the evidence base 2007 *Resour. Conserv. Recycl.* 52:410.
- Mantzouranis, E. C. (2008). Taking your child's breath away the extension of asthma's global reach. *The New England journal of medicine*.
- Mendoza H. M., Lopez C. A. (2017).
- Merck Millipore 2015 *Technical Data Sheet GranuCult. Plate Count Agar*. Merck Millipore
- Merck. (2016). Technical Data Sheet GranuCult. SABOURAUD-2 % Dextrose Agar. Merck Millipore.
- Miller, C., & Palenik, C. (2000). Control de la infección y manejo de materiales peligrosos para el equipo de profesionales de salud dental.
- Millner, P.D., Olenchok, S.A., Epstein, E., Rylander, R., Haines, J., Walker, J., Ooi, B.L., Horne, E. and Maritato, M. 1994 Bioaerosols associated with composting facilities *Compost Sci Util* 2(4): 6-57.
- Mini-review of the concentration variations found in the alfresco atmospheric bacterial populations. 2000 *Aerobiologia* 7-16

- Ministerio de la Protección Social, C., & Strauss, A. M. (2011). Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). Reglamento Técnico. En *Título F Sistemas de Aseo Urbano*.
- Ministerio del Medio Ambiente. . (2002). Guía Ambiental para rellenos sanitario. Bogotá, D.C.
- Mitchell, C. S. (2007). Current state of the science: health effects and indoor environmental quality. *nvironmental Health Perspectives* , 958-964.
- Molecular characterization of fungal community dynamics in the initial stages of composting.2005 *FEMS Microbiol. Ecol.* 51, 209–214.
- Monedero, M. S. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Monitoreo Ambiental. Estudios en México: relleno sanitario de Ojinaga*. México.
- Montoya, H. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Moreno, E. (1988). *Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados*.
- Morgado Gamero, W. B. (2017). Evaluación de bioaerosoles fungí asociados a un relleno sanitario ubicado en el municipio de Tubara, departamento del Atlántico.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2009). *Microbiología médica*.
- Negroni, M. (2009). *Microbiología Estomatológica: fundamentos y guía práctica*. . Editorial Médica Panamericana.
- Nieguitsila, A., Arne, P., Durand, B., Deville, M., Chermette, R., Cottenot-Latouche, S., y otros. (2010). Relative efficiencies of two air sampling methods and three culture conditions for the assessment of airborne culturable fungi in a poultry farmhouse in France. *Environmental Research.* , 248–253.
- Nitrogen control in cyanobacteria.2001 *Journal of Bacteriology* 183: 411-425.
- Noguera, K., & Olivero, J. (2010). Los rellenos sanitarios en latinoamérica: caso colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* , 34 (132): 347-356.
- NTP299. (1997.). *Método para el recuento de bacterias y hongos en aire*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- NTP409. (1997). Contaminantes biológicos: criterios de valoración. *España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*.
- Occupational and Environmental Exposure to Bioaerosols From Composts and Potential Health Effects – a Critical Review of Published Data.2003 *Sudbury: Health & Safety Executive*.

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). *Guía de calidad del aire - actualización mundial 2005*.
- Olaya Escobar, D., & Perez Rojas, F. (2006). *Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.
- Olaya Escobar, D., & Pérez Rojas, F. (2006). *Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.
- Olivier Schlosser, A. H. (2009). "Bioaerosol in Composting Facilities: Occupational Health Risk Assessment .
- OMS. (12 de 05 de 2016). *CINU ( Centro de Información de las Naciones Unidas)*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de <http://www.cinu.mx/noticias/mundial/oms-reporta-empeoramiento-de-l/>
- OMS. (25 de 03 de 2014). *Organización Mundial de la Salud* . Recuperado el 30 de 01 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>
- OMS. (25 de 03 de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 25 de 01 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>
- ONU. (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo (Sudáfrica).
- OPS. (2008). *Organización Panamericana de la Salud*.
- OPS-OMS. (2016). *Calidad de Aire en Interiores. Contaminantes y Efectos en la Salud*.
- Organización Panamericana de la Salud, O. (2008). *Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis. Normas y guía técnica*.
- Orjuela-Cruz, A., & Jimenez-Pallares, A. (2006). *Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (pm2.5 y pm10) en la localidad de Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.
- Pankhurst, L. J. (2011). Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting. *Atmospheric environment* , 86-90.
- Pareja, I. S. (2012). *Propuesta de implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional bajo la norma OHSAS 18001 en una empresa de capacitación técnica para la industria*. Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Industrial.
- Pelayo, M. (2007). *Eroski Consumer*. Obtenido de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2007/11/09/171603.php>



- Peniche, I., Sauri, M., Ramírez, J., Pacheco, J., & Rodríguez, S. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. *Ingeniería* , 19-29.
- Peralta, M. A. *Proceso Operacional del Relleno Sanitario "Parque Ambiental Los Pocitos" Triple A S.A. E.S.P Ciudad de Barranquilla*. Barranquilla: Dirección de aseo, Triple A S.A. E.S.P. .
- Pereira, A. M. V., & Caicedo, Y. C. (2008). "Comportamiento Aerodinámico Y Viabilidad De Las Partículas Biologicas. *Revista RE TAKVN, Universidad del Magdalena* .
- Pereira, A. M. V., Jiménez, M. R. M., De La Cruz, Y. P. S., & Caicedo, Y. C. (2009). Emisiones atmosféricas de origen biológico: Generalidades, impactos asociados y medidas de control de aerosoles fungi.
- Pérez Trigo, M. M. (s.f.). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera. *Revista U Ciencia* .
- Pérez-Trigo, M. . (s.f.). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera. *Revista U Ciencia* .
- Pescuma, A., De Luca, M., Guarestí, M., Giorgi, N., & Gudewort, A. (2004). Escenarios para un programa de reciclaje de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, Parte I. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental- AIDIS* , Pág. 73, 80-87.
- Pírez, M., & Mota, M. (s.f.). Morfología y estructura bacteriana. *Temas de bacteriología y virología médica*.
- Promiques, S. *Microbiología del aire*.
- Quintanilla Hernández, C. N. (2003). Determinación de partículas respirables y hongos microscopicos en interiores de seis bibliotecas de la Universidad de El Salvador. *Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador* .
- Ramirez, C. A., Paredes, D., & Guerrero, J. (2014). Sostenibilidad financiera y económica de plantas de manejo. Págs. 65-77.
- Ranalli, G., Principi, P., & Sorlini, C. . (2002). Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia* , 40-46.
- Real Decreto 664. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados a la Exposición a Agentes Biológicos. (1997. ). *España* .
- Recer, G.M., Browne, M.L., Horn, E.G., Hill, K.M., & Bohler, W.F. 2001 Ambient air levels of *Aspergillus* *Aerobiologia* 17:99-108
- Relationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes 2008 37-47

- Rendueles, E. M. (2001). *Caracterización aeropalínológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena*. Cartagena.
- Rendueles, M. L. (1 de Febrero de 2011). Caracterización aeropalínológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena. Cartagena, Colombia : UMI .
- Resolución 1096, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (17 de Noviembre de 2000).
- Resolución 1274, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (30 de Junio de 2006).
- Resolución 1541, Diario Oficial de la República de Colombia. (12 de Noviembre de 2013).
- Resolución 1890, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (23 de Septiembre de 2011).
- Resolución 2400 (Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá 22 de Mayo de 1979).
- Resolución 754, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (25 de Noviembre de 2014).
- Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers.1994*American journal of respiratory critical care medicine* 149, 1407-1412.
- Reyes, J. G., Guzmán, E. T. R., Gutiérrez, A. S. P., & Aguirre, C. E. (2009). bioaerosoles depositados via humeda- seca en la zona metropolitana del valle de toluca.
- Rioja, U. d. (2017). Riesgos Biológicos Y Otros Riesgos . 66-90.
- Ríos Yuil, J. (2011). La aeromicología y su importancia para la medicina. . *Revista médico científica* ISSN 2218-8266. , Volumen 24(2):28-42.
- Rodríguez, S. S. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.
- Rodríguez, S., Sauri, M. R., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. M. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.
- Rodríguez, S., Sauri, M., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. *Ingeniería* , 19-29.
- Rodríguez-Pimentel, R., Rodríguez-Pérez, S., Monroy-Hermosillo, C., & Ramírez-Vives, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. *Revista Cubana de Química* , Págs. 243-251.
- Rosas, I., Gravioto, A., & Ecurra, E. (2004). *Microbiología Ambiental*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales.
- Rosas, L. S. (2004). *Microbiología Ambiental*. (Vol. Primera Edicion ). Mexico: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

- Sánchez-Monedero, M. A. (2007). Generación de bioaerosoles en estaciones depuradoras de aguas residuales. *Ingeniería* , 37-42.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., & Cayuela, M. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Revista Ingeniería* , 39-47.
- Santos, J., González, C., Barreto, A., & Rojas, A. (2011). *Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia- Diagnóstico 2011*. Bogotá: Secretaría General Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD. .
- Schlegelmilch, M., T. Herold, J. Streese, A. Hensel, and R. Stegmann. 2005 The potential to reduce emissions of airborne microorganisms by means of biological waste gas treatment systems *Waste Manag.* 25:955–964.
- Schlünssen, V. S. (2004). Indices of asthma among atopic and non-atopic woodworkers. . *Occupational and environmental medicine* , 504-511.
- Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. 2010 *International Biodeterioration & Biodegradation* 64
- Singh, A. &. (2008). Aerobiological researches on pollen and fungi in india during the last fifty years: an overview. . *Indian Journal of Allergy, Asthma and immunology* .
- Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A. (2007). Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de seleccion de residuos de envases.
- Stellacci, P. L. (2010). Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants: a case study. II. *Estimating airborne biological hazard* , 106 – 111.
- Stetzenbach, L. (2002). Introduction to aerobiology. En: “Manual of Environmental Microbiology”. *2nd Edition (Ed: C.J. Hurst)*. ASM Press, Washington , 801-813.
- Stetzenbach, L. D. (2002). Introduction to aerobiology. En: “Manual of Environmental Microbiology”. *2nd Edition (Ed: C.J. Hurst)*. , ASM Press, Washington, 801-813.
- Stetzenbach, L. D. (2003). *The dictionary of environmental microbiology*. Gulf Professional Publishing.
- Taha, M. P. (2006). Bioaerosol releases from compost facilities: Evaluating passive and active source terms at a green waste facility for improved risk assessments. *Atmospheric environment* , 1169.
- Tena, F. J. (2007). Estudio Aerobiológico de la zona aledaña al relleno sanitario “San Nicolás”, Municipio de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia* , 13-18.
- The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentration 2003 *Science Direct, Elsevier*
- The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration.n of airborne fungal spores. 2011 *Environmental Pollution. Volume 159, Issue 2* 602–608.

- The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-yr study. 2002 *Atmospheric Environment*, 36, 4385–4395.
- ThermoFisherScientificInc. 2007 *Instruction Manual. Six and Two Stage Viable Samplers*. Part Number 100072-00
- Toro-Lezcano, M. M., Saldarriaga, F. M., Soto, A. F., Cuenca, L. D. G., & Villafañe, A. G. (2015). Aspergilosis invasiva en unidad de cuidado intensivo. . *Infectio* , 35-39.
- Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). *Introducción a la microbiología*. Editorial Médica Panamericana.
- Trigo, M. D. (2010). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera.
- Tubará, A. d. (2012). *tubara-atlantico.gov.co*. Obtenido de <http://www.tubara-atlantico.gov.co>
- Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting. 2010 *Atmospheric Environment* 85-93.
- V.P., K. (1999). Allergens, diagnosis, and pathogenesis. In Johanning E. (ed.), *Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health Effects, Assesment, Prevention and Control*. . *Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, Albany* .
- Vélez-Pereira, A. M., & Caicedo, Y. C. (2014). Análisis de los factores ambientales y ocupacionales en la concentración de aerobacterias en unidades de cuidado intensivo del Hospital Universitario Fernando Troconis 2009 Santa Marta-Colombia. *Revista Cuidarte* .
- Velez-Pereira, A., & Camargo, Y. (2008). Comportamiento aerodinámico y viabilidad de las partículas biológicas. *RETAKVN*. , Facultad de Ingeniería - Universidad del Magdalena Volumen I .
- Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y. (2011). *Evaluacion De La Concentracion De Bioaerosoles Fungí Asociados Al Relleno Sanitario Palangana, Santa Marta-Colombia*. Santa Marta-Colombia .
- Vélez-Pereira, A., Caicedo, Y. C., & Rincones, S. R. B. . (2010). *Distribución espacio-temporal de aerobacterias en el relleno sanitario palangana, Santa Marta (Colombia)*. Santa Marta- Colombia: Intropica.
- Vélez-Pereira, A., Camargo, Y., & Balaguera, S. (2010). Distribución espacio-temporal de aerobacterias en el relleno sanitario palangana, santa marta (Colombia). *Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales- GIMSA. INTROPIC. Universidad del Magdalena*.
- Velez-Pereira, A., Camargo, Y., & Henao, D. (2011). Emisiones atmosféricas de origen biológico. *Grupo de investigación Modelación de Sistemas Ambientales. Editorial de la Universidad del Magdalena* .

- Velez-Pereira, A., Mejía, M., Salcedo, P., & Carmargo, Y. (2009). Emisiones atmosféricas de origen biológico: generalidades, impactos asociados y medidas de control de aerosoles fungi. *Revista RE TAKVN. Facultad de Ingeniería - Universidad del Magdalena* .
- Wang, W. M. (2010). Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. *International Biodeterioration & Biodegradation* , 64.
- Working conditions and hygiene at sanitary landfills in Finland.1987*Ann. Occup. Hyg.* 31: 505-513.

## 10. Bibliografía

- Estimating fugitive bioaerosol releases from static compost windrows: feasibility of portable wind tunnel approach. 2005 *Waste Management* 445-450.
- 664, Real Decreto. (1997). Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Ministerio de la Presidencia. BOE.
- 750:, N. (2000). Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes Atmosferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
- Alvis, B., & Rojas, N. . (2006). Relación entre PM 2.5 y PM 10 en la ciudad de Bogotá. . 3(2), 336-353.
- Analysis of portable impactor performance for enumeration of viable bioaerosols. 2007 *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 4: 514–524.
- Arenas, R. (2011). *Micología médica ilustrada*. México: Mc Graw Hill.
- Arrieta-Bernate, G. (2015). Situación y análisis de la disposición final de residuos en Colombia 2013-2014. *Congreso Internacional Disposición Final de Residuos y Perspectivas Ambientales*. “Prevención de la Generación de Residuos”. Bucaramanga.
- Ballester F, S. M. (2005). El proyecto Emecas: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Revista Española de Salud Pública*.
- Baxi, S. (2016). Exposure and health effects of fungi on humans. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* , 396.
- Becerra, L. (2005). Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. *Épsilon* , 49-50.
- Bierman, J., Merk, H., Werhmann, W., Klimek, L. & Wasem, J. 2013 Allergic disorders of the respiratory tract – endings from a large patient sample in the German statutory health insurance system. 22 (6) 366–73.
- Biermann, J. M. (2013). Allergic disorders of the respiratory tract—findings from a large patient sample in the German statutory health insurance system. *Allergo Journal* , 336-370.
- Bracho, L. R., & Bravo, V. G. . (2003). Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿hacen daño a la salud?; ¿podemos hacer algo? *Gaceta Ecológica* .

- Breza-Boruta, B. (2012). Bioaerosols of the municipal waste landfill site as a source of microbiological air pollution and health hazard. *Ecological Chemistry and Engineering* , 853.
- Burkowska, A. (2011). Impact of the municipal landfill site on microbiological contamination of air. . *Some aspects of environmental impact of waste dumps* , 73.
- C E W Herr, A (2003). Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of.
- Camargo, Y. . (2011). Biofiltración: Tecnología Aplicada a Contaminantes Líquidos y Gaseosos. *Memorias, Universidad del Magdalena, Grupo GIMSA*.
- Camargo, Y. C., Henao, D. H., & Vélez-Pereira, A. M. (2011). *Emisiones atmosféricas de origen biológicos*. santa marta: unimagdalena.
- Campo, M. & González, E. (2016). Evaluación de bioaerosoles desde un relleno sanitario en el departamento del Atlántico. Universidad de la Costa, CUC. Tesis.
- Carvajal, C. A. (2016). Evaluación del comportamiento de aerobacterias en el corregimiento de Cuatro Bocas. Tubará, Atlántico. Atlántico: Universidad de la Costa, CUC, Tesis.
- Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise2005*Environmental Research 101* 11-17
- Chavarrías, M. (2014). *Eroski Consumer*. Obtenido de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2014/06/26/220114.php>
- Constitución Política de Colombia (1991).
- Cox, C. S., & Wathes, C. M. (1995). *"Bioaerosols Handbook"*. Lewis Publishers.
- De la Rosa, M. C. (2005). *El aire: hábitat y medio de transmisión* (Vol. 5). Observatorio Medio Ambiental.
- Decreto 1713, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (6 de Agosto de 2002).
- Decreto 2981, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (20 de Diciembre de 2013).
- Decreto 838, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (23 de Marzo de 2005).
- Delgado, R. (2004). *Iniciación a la probabilidad y la estadística*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Differences between the thermal inactivation of picornaviruses at "high" and "low" temperatures.1967 *Virology* 31: 338– 353.
- Douwes, J. T. (2003). Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment:. *Annals of Occupational Hygiene* , 187-200.
- Douwes, J. W. (2000). Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: a relation with bio-aerosol exposure. *American journal of industrial medicine* .

- Dutkiewicz, J. K.-T. (2000). Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* , 4.
- EC., M. (2008). Taking your child's breath away the extension of asthma's global reach. . *The New England journal of medicine* .
- Environment Agency. (Agosto de 2002). *Technical guidance on composting operations, Draft for external consultation*. Obtenido de [www.environment-agency.gov.uk=commondata=105385=compostin.pdf](http://www.environment-agency.gov.uk=commondata=105385=compostin.pdf).
- EPA2003A *standardized EPA protocol for characterizing indoor air quality in large office buildings*. US Environmental Protection Agency.
- ESCOBAR, D. R. (2006 ). Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en puente aranda bogota dc.
- Esposito, V. L. (2012). Morphology changes in human lung epithelial cells after exposure to diesel exhaust micron sub particles PM1.0 and pollen allergens. *Environ Pollut* .
- Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe, Arizona. U.S.A.2003*Aerobiologia* 201–211
- Fate and transport of microorganism in air.2002*Manual of Environmental Microbiology*. Washington DC, EE.UU.
- G.W., H. (1999). *Microbiología y epidemiología*. Mexico: Pearson Education.
- Gama, M. (2007). *Biología I. Un enfoque constructivista*. México: Pearson.
- García, V. *Introducción a la Microbiología*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, EUNED.
- Ghosh, B., Lal, H., & Srivastava, A. (2015). Review of bioaerosols in indoor environment with special reference to sampling, analysis and control mechanisms. *Environment international* , 85.
- Gil, J. E. (2014). Hongos Del Aire De Una Zona Suburbana De La Ciudad De Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab'* , 24-25.
- Gomes, C., Freihaut, J., & Bahnfleth, W. . (2007). Resuspension of allergen-containing particles under mechanical and aerodynamic disturbances from human walking. . *Atmospheric Environment* .
- González, C., & Romero, L. (2010). *Evaluación del programa de Salud Ocupacional de Cartegúeña de aseo total E.S.P*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Goyer, N., & IRSST (Québec). (2001). *Bioaerosols in the Workplace: Evaluation, Control and Prevention Guide: Technical Guide*. Montréal: IRSST.
- Grinn-Gofroń, A., Strzelczak, A., & Wolski, T. (2010). The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration of airborne fungal spores. *Environmental pollution* , 603.



- GTC 45. (2010). *Guía técnica colombiana. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. ICONTEC Internacional.
- Guo, X., Wu, P., Ding, W., Zhang, W., & Li, L. . (2014). Reduction and characterization of bioaerosols in a wastewater treatment station via ventilation. *Journal of Environmental Sciences* , 1583.
- Gutiérrez, A. (2011). *Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional*. Colombia: Ministerio de la Protección Social.
- Harper, G. J., & Morton, J. D. (1952). Bacillus subtilis spores cabelled with radiophorus. *Journal of General Microbiology* , 7, 98.
- Harvard School of Public Health, B. M. (2000). Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico City . *Air Pollution and Human Health, México, D.F.*
- Heo, K. J., Kim, H. B., & Lee, B. U. . (2014). Concentration of environmental fungal and bacterial bioaerosols during the monsoon season. *Journal of Aerosol Science* , 31-35.
- Hernández Calleja, A. (2009). NTP 833 Agentes biológicos. Evaluación simplificada.
- Hernández Rodríguez, R. (1997). El derecho a un medio ambiente sano como un derecho humano fundamental: Su protección jurídico penal. *Rev Derecho* , 2, 12-6.
- Heyman, D. (2005). *El control de las enfermedades transmisibles*. . Asociación Estadounidense de Salud Pública.
- Huang, C. Y. (2002). The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-yr study. *Atmospheric Environment* .
- Hughes, K. A. (2003). Aerial dispersal and survival of sewage-derived faecal coliforms in Antarctica. *Atmospheric Environment* , 3147.
- Hurtado, L. R. (2014). Characterization of atmospheric bioaerosols at 9 sites in Tijuana, Mexico. *Atmospheric Environment* , 431.
- INSHT. (1996). *Contaminantes biológicos criterios de evaluación* . Recuperado el 20 de 11 de 2016, de Instituto Nacional de Seguridad e Hiegene en el Trabajo (INSHT): [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_409.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_409.htm).
- INSHT. (2006). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- INSHT. (2016). Seguridad Y Salud En El Trabajo. *Instituto Nacional de Seguridad E HIGIENE En El Trabajo*(86), 06-19.
- Izzeddin, N., Medina, L., & Rojas, T. (2011). Evaluación de bioaerosoles en ambientes de centros de salud de la ciudad de valencia Venezuela. 39.

- Jones, A. M., & Harrison, R. M. (2004). The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review. *Science of the Total Environment* , 151.
- Kaźmierczuk, M., & Bojanowicz-Bablok, A. (2014). Bioaerosol concentration in the air surrounding municipal solid waste landfill. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych-Environmental Protection and Natural Resource* , 17-20.
- Kummer, V., & Thiel, W. R. . (2008). Bioaerosols—sources and control measures. *International journal of hygiene and environmental health* , 299-302.
- Lacey, J. C. (1981). The aerobiology of conidial fung. *Biology of conidial fungi* . Londres : Academic Press.
- Lee, T. G. (2008). elationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes. *Indoor air* , 38-42.
- Ley 99, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (22 de Diciembre de 1993).
- Li, W., Ouyang, Z., Meng, X., & Wang, X. . (2006). Plant species composition in relation to green cover configuration and function of urban parks in Beijing, China. *Ecological Research* , 221-237.
- Li, Y., Yang, L., Meng, Q., Qiu, X. H., & Feng, Y. J. (2013). Emission Characteristics of Microbial Aerosols in a Municipal Sewage Treatment Plant in Xi'an, China.
- Lighthart, B. (2000). Mini-review of the concentration variations found inthe alfresco atmospheric bacterial populations. *Aerobiologia* , .
- Lindemann, J. & Uppel, C.1985Aerial dispersal of epiphitic bacteria over bean plants.*Applied Enviromental Microbiology* 50: 1229-1232. American Society of Microbiology, EE.UU.
- Lindow, S. E. y J. H. Leveau.2002Phyllosphere microbiology.*Current Opinion in Biotechnology* 13(3): 238-243.
- Llamazares, R., Esquivel, G., & Merino, L. (2013). Hongos levaduriformes de interés médico en ambientes de aserraderos. *XIX Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* . Argentina.
- Llorca, J., Soto, P., Roberto, G., & Laborda, R. B. (2013). Manual Práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas BIOGAVAL. España: Centro Territorial de Valencia del INVASSAT.
- Lundholm, M. &. (1980). Occupational symptoms among compost workers. *Journal of occupational medicine* .
- Main, C. K. (2000). Particle release, data collection and analysis. . Bologna, Italy: Field Measurements in Aerobiology.
- Mantzouranis, E. C. (2008). Taking your child's breath away the extension of asthma's global reach. *The New England journal of medicine* .

- Mendoza H. M., Lopez C. A. (2017).
- Merck Millipore 2015 *Technical Data Sheet GranuCult. Plate Count Agar*. Merck Millipore
- Merck. (2016). *Technical Data Sheet GranuCult. SABOURAUD-2 % Dextrose Agar*. Merck Millipore.
- Miller, C., & Palenik, C. (2000). Control de la infección y manejo de materiales peligrosos para el equipo de profesionales de salud dental.
- Millner, P.D., Olenchok, S.A., Epstein, E., Rylander, R., Haines, J., Walker, J., Ooi, B.L., Horne, E. and Maritato, M. 1994 Bioaerosols associated with composting facilities *Compost Sci Util* 2(4): 6–57.
- Mini-review of the concentration variations found in the alfresco atmospheric bacterial populations. 2000 *Aerobiologia* 7-16
- Ministerio de la Protección Social, C., & Strauss, A. M. (2011). Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). Reglamento Técnico. En *Título F Sistemas de Aseo Urbano*.
- Ministerio del Medio Ambiente. . (2002). Guía Ambiental para rellenos sanitario. Bogotá, D.C.
- Mitchell, C. S. (2007). Current state of the science: health effects and indoor environmental quality. *Environmental Health Perspectives* , 958-964.
- Molecular characterization of fungal community dynamics in the initial stages of composting. 2005 *FEMS Microbiol. Ecol.* 51, 209–214.
- Monedero, M. S. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Monitoreo Ambiental. Estudios en México: relleno sanitario de Ojinaga*. México.
- Montoya, H. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Moreno, E. (1988). *Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados*.
- Morgado Gamero, W. B. (2017). Evaluación de bioaerosoles fungí asociados a un relleno sanitario ubicado en el municipio de Tubara, departamento del Atlántico.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2009). *Microbiología médica*.
- Negroni, M. (2009). *Microbiología Estomatológica: fundamentos y guía práctica*. . Editorial Médica Panamericana.
- Nieguitsila, A., Arne, P., Durand, B., Deville, M., Chermette, R., Cottenot-Latouche, S., y otros. (2010). Relative efficiencies of two air sampling methods and three culture conditions for

the assessment of airborne culturable fungi in a poultry farmhouse in France.  
*Environmental Research.* , 248–253.

Nitrogen control in cyanobacteria.2001*Journal of Bacteriology* 183: 411-425.

Noguera, K., & Olivero, J. (2010). Los rellenos sanitarios en latinoamérica: caso colombiano.  
*Rev. Acad. Colomb. Cienc.* , 34 (132): 347-356.

NTP299. (1997.). *Método para el recuento de bacterias y hongos en aire*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

NTP409. (1997). Contaminantes biológicos: criterios de valoración. *España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*.

Occupational and Environmental Exposure to Bioaerosols From Composts and Potential Health Effects – a Critical Review of Published Data.2003*Sudbury: Health & Safety Executive*.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). *Guía de calidad del aire - actualización mundial 2005*.

Olaya Escobar, D., & Perez Rojas, F. (2006). *Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.

Olaya Escobar, D., & Pérez Rojas, F. (2006). *Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.

Olivier Schlosser, A. H. (2009). "Bioaerosol in Composting Facilities:Occupational Health Risk Assessment .

OMS. (12 de 05 de 2016). *CINU ( Centro de Información de las Naciones Unidas)*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de <http://www.cinu.mx/noticias/mundial/oms-reporta-empeoramiento-de-l/>

OMS. (25 de 03 de 2014). *Organización Mundial de la Salud* . Recuperado el 30 de 01 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

OMS. (25 de 03 de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 25 de 01 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

ONU. (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo (Sudáfrica).

OPS. (2008). *Organización Panamericana de la Salud*.

OPS-OMS. (2016). Calidad de Aire en Interiores. Contaminantes y Efectos en la Salud.

Organización Panamericana de la Salud, O. (2008). *Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis. Normas y guía técnica*.

- Orjuela-Cruz, A., & Jimenez-Pallares, A. (2006). *Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (pm2.5 y pm10) en la localidad de Puente Aranda*. Bogotá: Universidad De La Salle.
- Pankhurst, L. J. (2011). Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting. *Atmospheric environment* , 86-90.
- Pareja, I. S. (2012). Propuesta de implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional bajo la norma OHSAS 18001 en una empresa de capacitación técnica para la industria. Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Industrial.
- Pelayo, M. (2007). *Eroski Consumer*. Obtenido de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2007/11/09/171603.php>
- Peniche, I., Sauri, M., Ramírez, J., Pacheco, J., & Rodríguez, S. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. *Ingeniería* , 19-29.
- Peralta, M. A. *Proceso Operacional del Relleno Sanitario "Parque Ambiental Los Pocitos" Triple A S.A. E.S.P Ciudad de Barranquilla*. Barranquilla: Dirección de aseo, Triple A S.A. E.S.P. .
- Pereira, A. M. V., & Caicedo, Y. C. (2008). "Comportamiento Aerodinámico Y Viabilidad De Las Partículas Biologicas. *Revista RE TAKVN, Universidad del Magdalena* .
- Pereira, A. M. V., Jiménez, M. R. M., De La Cruz, Y. P. S., & Caicedo, Y. C. (2009). Emisiones atmosféricas de origen biológico: Generalidades, impactos asociados y medidas de control de aerosoles fungi.
- Pérez Trigo, M. M. (s.f.). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera. *Revista U Ciencia* .
- Pérez-Trigo, M. . (s.f.). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera. *Revista U Ciencia* .
- Pescuma, A., De Luca, M., Guarestí, M., Giorgi, N., & Gudewort, A. (2004). Escenarios para un programa de reciclaje de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, Parte I. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental- AIDIS* , Pág. 73, 80-87.
- Pírez, M., & Mota, M. (s.f.). Morfología y estructura bacteriana. *Temas de bacteriología y virología médica*.
- Promiques, S. *Microbiología del aire*.
- Quintanilla Hernández, C. N. (2003). Determinación de partículas respirables y hongos microscopicos en interiores de seis bibliotecas de la Universidad de El Salvador. *Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador* .

- Ramirez, C. A., Paredes, D., & Guerrero, J. (2014). Sostenibilidad financiera y económica de plantas de manejo. Págs. 65-77.
- Ranalli, G., Principi, P., & Sorlini, C. . (2002). Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia* , 40-46.
- Real Decreto 664. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados a la Exposición a Agentes Biológicos. (1997. ). *España* .
- Recer, G.M., Browne, M.L., Horn, E.G., Hill, K.M., & Boehler, W.F.2001Ambient air levels of *Aspergillus**Aerobiology* 17:99-108
- Relationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes2008 37-47
- Rendueles, E. M. (2001). *Caracterización aeropalínológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena*. Cartagena.
- Rendueles, M. L. (1 de Febrero de 2011). Caracterización aeropalínológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena. Cartagena, Colombia : UMI .
- Resolución 1096, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (17 de Noviembre de 2000).
- Resolución 1274, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (30 de Junio de 2006).
- Resolución 1541, Diario Oficial de la República de Colombia. (12 de Noviembre de 2013).
- Resolución 1890, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (23 de Septiembre de 2011).
- Resolución 2400 (Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá 22 de Mayo de 1979).
- Resolución 754, Diario Oficial de la República de Colombia. Bogotá (25 de Noviembre de 2014).
- Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers.1994*American journal of respiratory critical care medicine* 149, 1407-1412.
- Reyes, J. G., Guzmán, E. T. R., Gutiérrez, A. S. P., & Aguirre, C. E. (2009). Bioaersoles depositados via humeda- seca en la zona metropolitana del valle de toluca.
- Rioja, U. d. (2017). Riesgos Biológicos Y Otros Riesgos . 66-90.
- Ríos Yuil, J. (2011). La aeromicología y su importancia para la medicina. . *Revista médico científica ISSN 2218-8266* . , Volumen 24(2):28-42.
- Rodríguez, S. S. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.
- Rodríguez, S., Sauri, M. R., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. M. (2005). *Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán*.

- Rodríguez, S., Sauri, M., Peniche, I., Pacheco, J., & Ramírez, J. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. *Ingeniería* , 19-29.
- Rodríguez-Pimentel, R., Rodríguez-Pérez, S., Monroy-Hermosillo, C., & Ramírez-Vives, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. *Revista Cubana de Química* , Págs. 243-251.
- Rosas, I., Gravioto, A., & Escurra, E. (2004). *Microbiología Ambiental*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales.
- Rosas, L. S. (2004). *Microbiología Ambiental*. (Vol. Primera Edicion ). Mexico: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Sánchez-Monedero, M. A. (2007). Generación de bioaerosoles en estaciones depuradoras de aguas residuales. *Ingeniería* , 37-42.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., & Cayuela, M. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Revista Ingeniería* , 39-47.
- Santos, J., González, C., Barreto, A., & Rojas, A. (2011). *Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia- Diagnóstico 2011*. Bogotá: Secretaría General Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD. .
- Schlegelmilch, M., T. Herold, J. Streese, A. Hensel, and R. Stegmann. 2005 The potential to reduce emissions of airborne microorganisms by means of biological waste gas treatment systems *Waste Manag.* 25:955–964.
- Schlünssen, V. S. (2004). Indices of asthma among atopic and non-atopic woodworkers. . *Occupational and environmental medicine* , 504-511.
- Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. 2010 *International Biodeterioration & Biodegradation* 64
- Singh, A. &. (2008). Aerobiological researches on pollen and fungi in india during the last fifty years: an overview. . *Indian Journal of Allergy, Asthma and immunology* .
- Solans, X., Alonso, R. M., Constans, A., & Mansilla, A. (2007). Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de seleccion de residuos de envases.
- Stellacci, P. L. (2010). Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants: a case study. II. *Estimating airborne biological hazard* , 106 – 111.
- Stetzenbach, L. (2002). Introduction to aerobiology. En: “Manual of Environmental Microbiology”. *2nd Edition (Ed: C.J. Hurst)*. ASM Press, Washington , 801-813.
- Stetzenbach, L. D. (2002). Introduction to aerobiology. En: “Manual of Environmental Microbiology”. *2nd Edition (Ed: C.J. Hurst)*. , ASM Press, Washington, 801-813.

- Stetzenbach, L. D. (2003). *The dictionary of environmental microbiology*. Gulf Professional Publishing.
- Taha, M. P. (2006). Bioaerosol releases from compost facilities: Evaluating passive and active source terms at a green waste facility for improved risk assessments. *Atmospheric environment* , 1169.
- Tena, F. J. (2007). Estudio Aerobiológico de la zona aledaña al relleno sanitario “San Nicolás”, Municipio de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia* , 13-18.
- The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentration 2003 *Science Direct, Elsevier*
- The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration.n of airborne fungal spores. 2011 *Environmental Pollution. Volume 159, Issue 2* 602–608.
- The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-yr study. 2002 *Atmospheric Environment*, 36, 4385–4395.
- ThermoFisherScientificInc. 2007 *Instruction Manual. Six and Two Stage Viable Samplers*. Part Number 100072-00
- Toro-Lezcano, M. M., Saldarriaga, F. M., Soto, A. F., Cuenca, L. D. G., & Villafañe, A. G. (2015). Aspergilosis invasiva en unidad de cuidado intensivo. . *Infectio* , 35-39.
- Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). *Introducción a la microbiología*. Editorial Médica Panamericana.
- Trigo, M. D. (2010). La aerobiología y el contenido polínico de la atmósfera.
- Tubará, A. d. (2012). *tubara-atlantico.gov.co*. Obtenido de <http://www.tubara-atlantico.gov.co>
- Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting. 2010 *Atmospheric Environment* 85-93.
- V.P., K. (1999). Allergens, diagnosis, and pathogenesis. In Johanning E. (ed.), *Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health Effects, Assesment, Prevention and Control*. . *Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, Albany* .
- Vélez-Pereira, A. M., & Caicedo, Y. C. (2014). Análisis de los factores ambientales y ocupacionales en la concentración de aerobacterias en unidades de cuidado intensivo del Hospital Universitario Fernando Troconis 2009 Santa Marta-Colombia. *Revista Cuidarte* .
- Velez-Pereira, A., & Camargo, Y. (2008). Comportamiento aerodinámico y viabilidad de las partículas biológicas. *RETAKVN*. , Facultad de Ingeniería - Universidad del Magdalena Volumen I .
- Vélez-Pereira, A., & Camargo, Y. (2011). *Evaluacion De La Concentracion De Bioaerosoles Fungí Asociados Al Relleno Sanitario Palangana, Santa Marta-Colombia*. Santa Marta-Colombia .



- Vélez-Pereira, A., Caicedo, Y. C., & Rincones, S. R. B. . (2010). *Distribución espacio-temporal de aerobacterias en el relleno sanitario palangana, Santa Marta (Colombia)*. Santa Marta- Colombia: Intropica.
- Vélez-Pereira, A., Camargo, Y., & Balaguera, S. (2010). Distribución espacio-temporal de aerobacterias en el relleno sanitario palangana, santa marta (Colombia). *Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales- GIMSA. INTROPIC. Universidad del Magdalena*.
- Velez-Pereira, A., Camargo, Y., & Henao, D. (2011). Emisiones atmosféricas de origen biológico. *Grupo de investigación Modelación de Sistemas Ambientales. Editorial de la Universidad del Magdalena* .
- Velez-Pereira, A., Mejía, M., Salcedo, P., & Carmargo, Y. (2009). Emisiones atmosféricas de origen biológico: generalidades, impactos asociados y medidas de control de aerosoles fungi. *Revista RE TAKVN. Facultad de Ingeniería - Universidad del Magdalena* .
- Wang, W. M. (2010). Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. *International Biodeterioration & Biodegradation* , 64.
- Working conditions and hygiene at sanitary landfills in Finland.1987*Ann. Occup. Hyg.* 31: 505-513.

## Anexos

### Anexo 1. ENCUESTA DE MEDIDAS HIGIENICAS ADOPTADAS.

#### ENCUESTA PARA EVALUAR LA EXPOSICIÓN DE UN AGENTE BIOLOGICO

NOMBRE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

EDAD \_\_\_\_\_ CARGO \_\_\_\_\_ SEXO \_\_\_\_\_

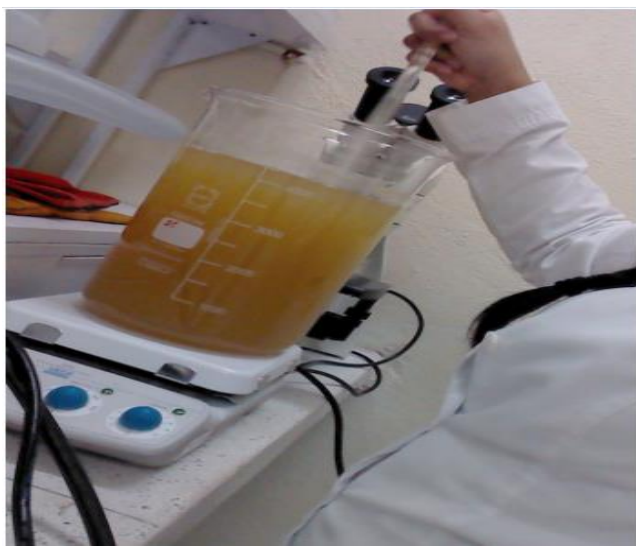
MEDIDA	SI	NO	NO APLICABLE
1. Dispone de ropa de trabajo			
2. Uso de ropa de trabajo			
3. Dispone de EPP			
4. Uso de EPP			
5. Se quitan las ropas y EPP al finalizar el trabajo			
6. Se limpian los EPP			
7. Se dispone de lugar para almacenar EPP			
8. Se controla el correcto funcionamiento de EPP			
9. Limpieza de ropa de trabajo por el empresario			
10. Se dispone de aseos			
11. Se dispone de duchas.			

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

12. Se dispone de sistema para lavado de manos			
13. Se dispone de sistema para lavado de ojos			
14. Se prohíbe comer o beber			
15. Se prohíbe fumar			
16. Se dispone de tiempo para el aseo antes de abandonar			
17. la zona de riesgo dentro de la jornada			
18. Suelos y paredes fáciles de limpiar			
19. Los suelos y paredes están suficientemente limpios			
20. Hay métodos de limpieza de equipos de trabajo.			
21. Se aplican procedimientos de desinfección			
22. Se aplican procedimientos de desinsectación			
23. Se aplican procedimientos de desratización.			
24. Hay ventilación general con renovación de aire			
25. Hay mantenimiento del sistema de ventilación			
26. Existe material de primeros auxilios en cantidad			
27. Se dispone de local para atender primeros auxilios			
28. Existe señal de peligro biológico			
29. Hay procedimientos de trabajos que minimicen o eviten la dispersión área de los agentes biológicos en el lugar de trabajo.			
30. Hay procedimientos de trabajo que minimicen o eviten la diseminación de los agentes biológicos en el lugar de trabajo a través de fómites			
31. Hay procedimientos de gestión de residuos			

## ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A LOS BIOAEROSOLES Y SU RIESGO

32. Hay procedimientos para el transporte interno de muestras			
33. Hay procedimientos para el transporte externo de muestras			
34. Hay procedimientos escritos internos para la comunicación de los incidentes donde se puedan liberar agentes biológicos			
35. Se realiza periódicamente vigilancia de la salud			
36. Se toman medidas específicas para el personal especialmente sensible			

**Anexo 2. REGISTRO FOTOGRAFICO.****1. Preparación del Medio de Cultivo Agar Saboreaud con Dextrosa 2%**



**2. Sirviendo el medio de cultivo.**



**3. Medio listo para ir a monitorear.**



#### **4. Materiales y Equipos para el Monitoreo.**



#### **5. Equipo Instalado en el Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos.**



**6. Colocando los Medios de Cultivo para la recolección de las muestras.**



**7. Identificación de las Colonias.**





**8. Realización de las Encuestas a los Trabajadores del sistema de disposición final de residuos sólidos.**